

ПІБ студента: Кравець Данило Сергійович

ПІБ керівника: Ткач Дар'я Володимирівна, доцент

Тема: Удосконалення технології, що дозволяє забезпечити
максимально можливу червоностійкість у швидкорізальних сталях

РЕФЕРАТ

ПЗ: 118 с., 18 рис., 20 табл., 25 джерел.

Мета даної роботи - удосконалення технології, що дозволяє забезпечити максимально можливу червоностійкість у швидкорізальних сталях.

В роботі вивчені особливості впливу легування та термічної обробки на структуроутворення швидкорізальних сталей. Розглянуто перспективи виробництва швидкорізальних сталей порошковими технологіями. Також було обрано матеріали та методи дослідження. На основі проведеної в третьому розділі оцінки впливу термічної обробки на структуру і властивості порошкового матеріалу було встановлено, що використання порошкових швидкорізальних сталей і вибір раціональної термічної обробки дозволяє забезпечити найкращі співвідношення властивостей.

Проведено розрахунок собівартості термічних процесів в термічному відділенні. Виконано аналіз та запропоновано заходи по забезпеченню безпеки роботи в термічному відділенні.

ТЕРМІЧНЕ ВІДДІЛЕННЯ, ШВИДКОРІЗАЛЬНА СТАЛЬ,
ГАРТУВАННЯ, ВІДПУСК, ПОРОШКОВА МЕТАЛУРГІЯ, КАРБИДИ,
ТЕХНОЛОГІЯ

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Аналітичний огляд	9
1.1 Особливості легування швидкорізальних сталей	9
1.2 Особливості технології виготовлення інструменту зі швидкорізальних сталей.....	20
1.3 Перспективи використання методів порошкової металургії для отримання заготовок інструментів з підвищеним рівнем червоностійкості.....	33
2 Матеріали та методи дослідження	37
2.1 Матеріали дослідження	37
2.2 Методи дослідження	40
2.2.1 Визначення твердості за Роквелом.....	40
2.2.2 Випробування на розтяг	41
2.2.3 Випробування на згин.....	41
2.2.4 Випробування на ударну в'язкість	42
2.2.5 Випробування на зношування	42
3 Результати дослідження	43
3.1 Серійна технологія отримання швидкорізальних сталей	43
3.1.1 Номенклатура виробів і маршрутна технологія їх виготовлення	43
3.1.2 Розробка режимів і технології термічної обробки.....	45
3.1.3 Вибір і розрахунки кількості обладнання.....	59
3.1.4 Технічний контроль, попередження й виправлення браку.....	67

3.2 Перспективи виробництва порошкових швидкорізальних сталей на заводі «Дніпроспецсталь»	73
3.3 Порівняльний аналіз структури й властивостей швидкорізальних сталей, що отримані традиційним методом та шляхом порошкової металургії.....	76
3.4 Особливості термічної обробки порошкових швидкорізальних сталей ...	81
4 Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях	88
4.1 Аналіз потенційних небезпек.....	88
4.2 Заходи по забезпеченню безпеки.....	89
4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	93
4.4 Заходи з пожежної безпеки	96
4.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях	97
4.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	100
5 Економічна частина	103
5.1 Розрахунок капітальних вкладень в основні фонди	103
5.2 Матеріальне забезпечення.....	106
5.3 Праця і заробітна плата	107
5.4 Собівартість термообробки.....	110
Висновки	116
Перелік посилань.....	119

ВСТУП

Ефективність машинобудівного виробництва в значній мірі залежить від рівня якості застосовуваних різальних інструментів. Ресурс роботи інструментів, число їх переточувань істотно впливають на собівартість і якість машинобудівної продукції.

На сьогодні розвиток інструментального виробництва відбувається по декільком напрямкам, серед яких мають місце нижчеперелічені:

- широке впровадження в технологічний процес багатофункціонального верстатного устаткування, оснащеного числовим програмним керуванням, що мають чотири, п'ять і більш керованих осей;

- застосування сучасних інструментальних матеріалів, у тому числі швидкорізальних сталей, отриманих методом порошкової металургії, ультрадисперсних твердих сплавів, надтвердих матеріалів, що мають унікальні фізико-механічні властивості;

- використання методів глибинного високошвидкісного шліфування замість лезвійної обробки заготовок зі швидкорізальної сталі;

- застосування фізико-технічних і фізико-хімічних технологій обробки складнопрофільних поверхонь;

- розвиток технологій нанесення зносостійких покриттів або легування поверхневих шарів робочих поверхонь інструментів.

Виготовлення різальних інструментів проводиться відповідно до загальних принципів і положеннями технології машинобудування й має багато загального з виробництвом деталей машин. Однак для інструментального виробництва характерні риси, обумовлені цілим рядом факторів. Одним з ключових є те, що якість виготовлених інструментів визначається не тільки точністю розмірів, форм, відхиленням розташування і шорсткістю поверхонь, але й станом фізико-механічних властивостей поверхневого шару робочих поверхонь. Це може бути забезпечене

правильним вибором матеріалу для обробки тих чи інших поверхонь і технології його термічної обробки.

На теперішній час матеріалознавцями запропонована значна кількість рішень, що дозволяють підвищити якість інструменту. Тому в даній роботі розглянуто варіанти підвищення експлуатаційних властивостей швидкорізальних сталей застосуванням порошкової металургії.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Особливості легування швидкорізальних сталей

Теплостійкі сталі високої твердості, які називають швидкорізальними, є достатньо розповсюдженими при виготовленні різального інструменту. Вони поєднують теплостійкість (500-650 °C)(залежно від складу й обробки) з високими твердістю (до 70 HRC), зносостійкістю при нагріванні й підвищеним опором пластичної деформації. У результаті створення швидкорізальних сталей стало можливим збільшати швидкість різання в 2-4 рази й підвищити стійкість інструментів в 10-40 і більш разів у порівнянні зі стійкістю інструментів з нетеплостійких сталей. Ці переваги проявляються при різанні: з підвищеною швидкістю, тобто в умовах нагрівання різальної крайки, або при меншій швидкості, але з високими тисками **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

Зі швидкорізальних сталей, за даними закордонних фірм, виготовляють близько 50% інструментів. Різальні властивості швидкорізальних сталей залежать від багатьох факторів, найважливішим з яких є хімічний склад.

У таблиці 1.1 наведений хімічний склад сталей у відповідності до державних стандартів та технічних умов (ТУ); у таблиці 1.2 – маркування відповідно до класифікації Американського інституту чорної металургії (AISI). У таблицях 1.3 і 1.4 наведені позначення провідних світових виробників швидкорізальних сталей, які застосовуються у інструментальному виробництві, – фірм ERASTEEL (Франція) і Böhler (Австрія) [4].

За вмістом легувальних елементів можна визначити аналоги швидкорізальних сталей, що випускаються різними виробниками.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад основних марок швидкорізальної сталі за ГОСТ 1926-73 і ТУ [4]

Марка сталі	Вміст елементів, %						Твердість	
	C	Cr	W	Mo	V	Co	відпал, HB	гарт, HRC
Сталі нормальної теплостійкості (600-620° C)								
P18	0,7...0,8	3,8...4,4	17,0...18,5	<1,0	1,0...1,4	-	255	62
P12	0,8...0,9	3,1...3,6	12,0...13,0	<1,0	1,5...1,9	-	255	62
P9	0,85...0,95	3,8...4,4	8,5... 10,0	<1,0	2,0...2,6	-	255	62
P6M5	0,80...0,88	3,8...4,4	5,5...6,5	5,0...5,6	2,0...2,5	-	255	63
Сталі підвищеної теплостійкості (635-650° C)								
P6M5K5	0,82...0,90	3,8...4,3	6,0...7,0	4,8...5,8	1,7...2,2	4,8...5,3	269	64
P6M5Φ3-МП	1,25...1,35	3,8...4,3	5,7...6,3	3,1...3,7	2,5...3,0	<0,5	269	65
P12M5Φ5-МП	1,45...1,55	3,8...4,3	11,5...12,5	1,0...1,5	4,0...4,6	<0,5	285	60
P12Φ4K5	1,25...1,35	3,5...4,4	12,5...14,0	1,0	3,2...3,8	5,0...6,0	285	64
P12M3Φ2K8	0,95...							
	1,04	3,8...4,4	11,0...13,0	2,8...3,4	1,8...2,4	-	285	64
P12Φ3	0,94...							
	1,04	3,5...4,0	12,5...13,5	1,0	2,5...3,0	-	269	63
P10M4K10Φ3	0,96...							
	1,06	3,8...4,3	10,0...11,0	3,8...4,3	3,3...3,8	9,5...10,5	285	64
10P8M4K5	1,0	4,2	6,7	3,7...4,3	2,0	4,8...5,3	285	64
12P6M5Φ3K10	1,2	3,2	6,5	4,8...5,8	2,5...3,0	4,8...5,3	285	64
Сталі високої теплостійкості (700-720° C)								
B11M7K23	0,1	0,5	10,5...12,0	0,000	0,4...0	22,5...24		
B14K25	0Д	-	14,0	7,0	0,5	25,0		
ЗВ20K20X4Φ	0,25	4	20	-	1	20		

Таблиця 1.2 - Хімічний склад швидкорізальних сталей за класифікацією AISI (США)

Марка сталі	Вміст елементів, %					
	C	Cr	W	Mo	V	Co
Швидкорізальні вольфрамові сталі						
T1	0,75	4,0	18,0	—	1,0	—
T4	0,75	4,0	18,0	—	1,0	5,0
T6	0,80	4,0	20,0	—	1,5	12,0
T15	1,55	3,8	12,2	—	5,0	5,0
Швидкорізальні молібденові сталі						
M1	0,85	3,8	1,8	8,6	1,2	—
M2	0,90	4,2	6,0	5,0	1,8	—
M4	1,33	4,3	5,9	4,9	4,0	—
M7	1,00	3,8	1,8	8,6	1,9	—
M30	1,20	4,2	6,3	8,0	3,2	10,0
M41	1,09	4,0	6,0	5,0	1,8	4,8
M42	1,07	3,8	1,5	9,5	1,2	8,0

Таблиця 1.3 - Хімічний склад швидкорізальних сталей фірми Böhler

Марка сталі	Вміст елементів, %						Твердість	
	C	Cr	W	Mo	V	Co	після відпалу, HB	після гарту, HRC
S200	0,76	4,1	18,0	—	1,1	—	280	64...66
S400	1,02	3,8	1,9	8,6	1,8	—	280	64...66
S500	1,10	3,9	1,4	9,2	1,0	7,8	280	67...69
S600	0,90	4,1	6,2	5,0	1,8	—	280	64...66
S607	1,21	4,1	6,2	5,0	2,9	—	300	64...66
S700	1,26	4,0	9,3	3,6	3,2	10		65...67
S290*	2,00	3,8	14,3	2,5	5,0	11,0	350	66...70
S390*	1,64	4,8	10,4	2,0	4,8	8,0	300	65...69
S590*	1,29	4,2	6,3	5,0	3,0	8,4	300	65...67
S690*	1,35	4,1	5,9	5,0	5,0	—	280	64...66

* Отримана методом порошкової металургії

Таблиця 1.4 - Хімічний склад швидкорізальних сталей фірми ERASTEEL

Марка сталі	Вміст елементів, %						Твердість	
	C	Cr	W	Mo	V	Co	після відпалу, HB	після гарту, HRC
ET1	0,74	4,0	18	—	1,1	—	270...320	62...65
EM1	0,83	3,8	1,8	8,5	1,2	—	260...310	62...65
EM50	0,84	4,1	-	4,2	1,1	-	260...300	60...64
EM2	0,9	4,2	6,4	5,0	1,8	—	270...310	60...65
EM3:1	1,05	4,0	6,3	6,3	2,5	—	280...320	62...64
EM3:2	1,2	4,1	6,2	5,6	3,0	—	270...320	62...66
E945	0,91	3,7	1,8	5,0	4,0	—	280...320	61...65
EM35	0,93	4,2	6,0	5,0	1,8	4,8	270...320	60...66
C8	1,05	4,0	5,0	6,0	1,6	7,8	280...320	64...68
WKE42	1,27	4,0	9,5	3,6	3,2	8,0	300...330	65...67
ASP2005*	1,5	4,0	2,5	2,5	4,0	—	260...310	60...64
ASP2023*	1,28	4,2	6,4	5,0	3,1	—	260...320	62...66
ASP2030*	1,28	4,2	6,4	5,0	3,1	8,5	300...320	63...67
ASP2060*	2,30	4,2	6,5	7,0	6,5	10,5	300	64...69

* Отримана методом порошкової металургії

Так, сталі P18 за ГОСТ 1926-73 відповідають маркам сталей T1 (AISI), ET1 (ERASTEEL) і S200 (Böhler). З урахуванням відповідності між марками сталі, можна оцінити їхні технологічні й фізико-механічні властивості.

Швидкорізальні сталі з нормальною теплостійкістю містять, як правило, до 1,0% вуглецю. За хімічним складом вони відрізняються вмістом вольфраму. Вольфрамові сталі містять від 9 до 18% вольфраму, а вольфрамомолібденові всього лише 6...8%. Сталі підвищеної теплостійкості містять до 1,5% вуглецю, вольфрам, а також молібден, хром, кобальт і ванадій у різних пропорціях.

Сталі високої теплостійкості мають незначне в порівнянні з будь-якими іншими сталями вміст вуглецю, підвищену кількість кобальту й інших легувальних елементів. Вірніше їх іменувати не сталями, а сплавами. Буква Ру маркуванні цих сплавів не ставиться. Через відсутність достатньої

кількості вуглецю в цих сталях при термообробці замість карбідів металів утворюється інтерметалід Co_7W_6 , що є фазою-зміцнювачем. Червоностійкість цих сталей приблизно на 100°C вище, ніж у традиційних швидкорізальних сталях, що містять карбіди металів, а твердість після загартування доходить до 68...70 HRC [4].

Працездатність інструмента зі швидкорізальних сталей визначається їхніми властивостями, найважливішими з яких є твердість, міцність, зносостійкість і теплостійкість.

Твердість характеризує напружений стан, близький до нерівномірного стискання, і тим самим визначає опір контактним напруженням, що виникають у робочій крайці інструмента. Зі збільшенням твердості зростають зносостійкість і границя витривалості, але не за лінійним законом, оскільки істотний вплив виявляє поведінка карбідних фаз і зміна міцності й в'язкості. Крім того, при більшій твердості поліпшується чистота поверхні, одержуваної при шліфуванні й поліруванні, і зменшується налипання на неї оброблюваного металу.

При підвищенні твердості поліпшується також чистота поверхні металу, оброблюваного різанням. Більша твердість зберігається й при короткочасних нагрівах під час експлуатації, тому що знеміцнення сталі, через розпад мартенситу й коагуляцію карбідів, протікає на перших стадіях нагрівання майже однаково інтенсивно в сталях з більш і менш високою твердістю. Разом з тим твердість не залежить від величини зерна, розподілу карбідів і напружень, які сильно впливають на такі механічні властивості, як міцність і в'язкість [2].

Теплостійкість характеризує здатність інструментального матеріалу зберігати при нагріванні робочої крайки структуру й властивості, необхідні для різання або деформування. Крім того, теплостійкість - важлива технологічна властивість, що визначає здатність сталі зберігати свою структуру при нагріванні, що виникає при шліфуванні або заточенні.

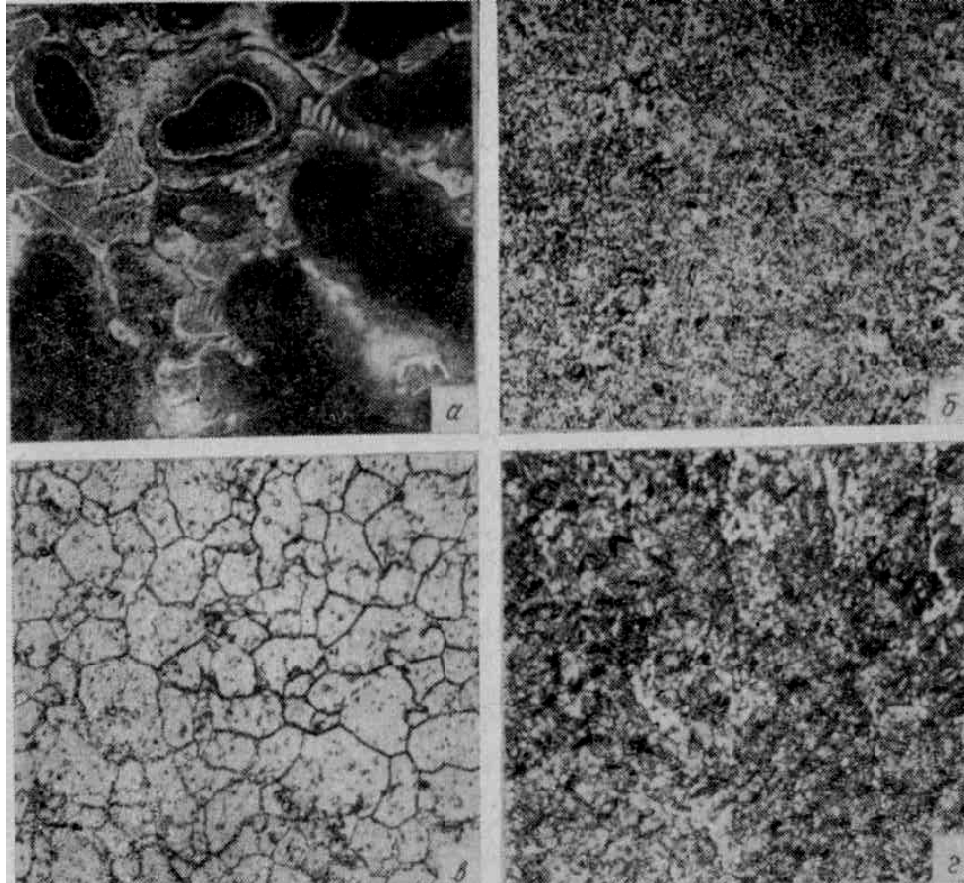
Зазначені вище властивості швидкорізальних сталей повністю обумовлені їхнім складом і структурою.

Основними легувальними елементами швидкорізальних сталей, що забезпечують їхнє теплостійкість, є в першу чергу вольфрам і його хімічний аналог – молібден. Теплостійкість поліпшується в присутності ванадію й кобальту.

Швидкорізальні сталі належать до карбідного (ледебуритного) класу. Їхній фазовий склад у відпаленому стані являє собою легований ферит і карбіди M_6C , $M_{23}C_6$, MC , M_3C . Основним карбідом швидкорізальної сталі є карбід M_6C , у якому також розчинений ванадій. У фериті розчинена більша частина хрому; майже весь вольфрам (молібден) і ванадій перебувають у карбідах.

У структурі литої швидкорізальної сталі присутня складна евтектика, що нагадує ледебурит (рис.1.1, а), й розташовується по границях зерен. У результаті гарячої механічної обробки сітка евтектики подрібнюється. У сильно деформованій швидкорізальній сталі евтектичні й вторинні карбіди розподілені рівномірно в основній матриці (рис.1.3, б), яка являє собою після відпалу сорбітоподібний перліт, [3].

Вплив вольфраму. Задовільні вторинна твердість і теплостійкість мають місце вже при 7-8% вольфраму, однак у карбідних фазах цих сталей багато карбіду $M_{23}C_6$ і недостатньо M_6C , що викликає при загартуванні появу крупного зерна й різке зниження міцності й в'язкості. При збільшенні вмісту вольфраму до 12-13% зростає кількість карбідів M_6C ; що помітно поліпшує стійкість проти перегріву, але параметр ґрат карбіду й склад його при цьому не змінюються. Підвищення вмісту вольфраму з 12-13 до 18-20% сприяє різкому зростанню параметра ґрати карбіду MC , що свідчить про ріст концентрації вольфраму в карбіді й збільшенні в його ґратах числа місць, що заміщаються атомами вольфраму.



а – ледебурит у литій сталі; б – деформована й відпалена сталь; в – загартована сталь; г – загартована й відпущена сталь

Рисунок 1.1 – Мікроструктура швидкорізальних сталей. X500, [3].

При збільшенні вмісту вольфраму змінюється й концентрація ванадію в розчині. Вона максимальна й зростає майже в 2 рази при підвищенні вмісту вольфраму з 6 до 13%, що викликане розчиненням великої кількості карбідів M_6C , що містять ванадій. При подальшому підвищенні вмісту вольфраму концентрація ванадію в мартенситі зменшується через зниження його вмісту в карбіді M_6C и переході частини в карбід MC . Ці зміни в складі мартенситу обумовлюють теплостійкість і інтенсивність дисперсійного твердіння, яке протікає однаково інтенсивно в сталях з 12-20% вольфраму, але в сталях з 12-13% – внаслідок більшої концентрації в мартенситі ванадію, а при 18-20% W – вольфраму.

Вплив молібдену. Вплив молібдену й вольфраму, що є хімічними аналогами, на структурні перетворення, на основні властивості майже однаковий. Температура $\alpha \leftrightarrow \gamma$ -перетворення в молібденових сталях дещо нижча, ніж у вольфрамових.

Після утвору δ -(γ -)фази кристалізація молібденових і вольфрамових сталей протікає по перитектичній реакції, але температурна область цього перетворення в молібденових сталях ширша, воно протікає повніше, внаслідок цього до закінчення перетворення зберігається менше рідкої фази. Рідина, що лишилася, кристалізується при більш низьких температурах (~на 50°C) у більш тонку евтектику, тому в деформованій молібденовій сталі карбіди дисперсніші, що сприятливо позначається на механічних властивостях.

Молібден, як правило, є присутнім у всіх марках швидкорізальних сталей у кількостях 0,3-1,0%. Це пов'язане з використанням у шихті як відходів вольфрамо-молібденових сталей, так і феровольфраму, що містить молібден. Присутність молібдену впливає на властивості сталей: так, 1,0% Мо підвищує ударну в'язкість на 15-20% і міцність – на 5-8% без зміни теплостійкості.

Вплив хрому. Хром є обов'язковим легувальним елементом швидкорізальних, як і всіх середньо- і високолегованих інструментальних сталей. Його вплив в інструментальних сталях багатофункціональний й достатньо складний.

У відпаленій швидкорізальній сталі він присутній у фериті, у карбіді M_6C и утворює карбід M_{23}C_6 , який повністю розчиняється при відносно низьких температурах загартування, що сприяє насиченню твердого розчину вуглецем і хромом, не впливаючи на розмір зерна. Сприяючи більш повному розчиненню в аустеніті карбіду M_6C , хром при вмісті 3,5-4,0% забезпечує необхідні загартовуваність і прогартовуваність.

Хром підсилює, крім того, карбідну неоднорідність; вплив 1 % Cr внаслідок його меншої атомної маси близько до впливу 3,0-4,0% W, тому

вміст хрому необхідно визначати залежно від змісту вольфраму. Так, у сталі з 18% W і 0,7-1,0% V необхідні прогартовуваність і загартовуваність досягаються при 3,8-4,4% Cr, а в сталі з 12-13% W — при 3,2-3,6% Cr. В останній марці менше карбідів M_6C , у яких є присутнім хром. Крім того, у карбіді M_6C сталі з 12% W менше вольфраму, що полегшує його розчинення при нагріванні для загартування.

Вплив ванадію. При вмісті до 1,8-1,9%, характерному для сталей P18, P12, P6M5 і інших, ванадій утворює лише незначну кількість карбиду MC і є присутнім головним чином у карбідах $M_{23}C_6$ і M_6C . У процесі розчинення цих карбідів при нагріванні для загартування ванадій переходить в γ -фазу. При відпустці він виділяється у вигляді карбиду MC (із цієї причини шлифуємість загартованої сталі краща, ніж у відпущеної), що підвищує вторинну твердість і теплостійкість, але знижує ударну в'язкість.

Збільшення вмісту ванадію (до 4,0-5,0%) приводить до різкого збільшення кількості карбиду MC, що, з одного боку, суттєво підвищує зносостійкість сталі, а з іншого – знижує міцність, ударну в'язкість і погіршує шлифуємість.

Вплив кобальту. Кобальт – це єдиний легувальний елемент швидкорізальних сталей, що найбільше значно підвищує теплостійкість (до 645-650°C) і вторинну твердість (до 67-70 HRC). Кобальтовмісні сталі мають більш високу теплопровідність, тому в однакових умовах різання температура різальної крайки інструментів з кобальтовмісної сталі на 30-70°C нижче.

Кобальт, на відміну від вольфраму (молібдену), ванадію й хрому, не утворює карбідів; він присутній в α - і γ -фазах, а також у карбіді M_6C пропорційно його вмісту в сталі. У карбіді M_6C кобальт заміщає частина атомів заліза. Таким чином, вплив його у швидкорізальних сталях зовсім інший, ніж інших елементів, і він досить складний. Так, кобальт підсилює стійкість твердого розчину проти знеміцнення при нагріванні, підвищуючи температуру початку $\alpha \leftrightarrow \gamma$ -перетворення, що спостерігається при підвищенні

вмісту до 5,0-6,0% Co. Присутність кобальту сприяє більш повному виділенню вольфраму й молібдену з мартенситу при відпустці через зменшення розчинності цих елементів в α -фазі під його впливом що, в свою чергу підсилює дисперсійне твердіння, підвищує вторинну твердість і теплопровідність, але трохи знижує міцність і в'язкість.

Кобальт впливає й на деякі технологічні характеристики. Збільшення його концентрації знижує гарячу пластичність сталей, сприяє збільшенню знеуглецювання при нагріванні в печах і соляних ваннах.

Присутність кобальту в сталях сприяє, як вказувалося, підвищенню їх теплостійкості до 645-650°C за рахунок зростання температур $\alpha \leftrightarrow \gamma$ - перетворення, ускладненню коагуляції карбідів **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

Зниження вмісту вуглецю в сталі позначається на збільшенні її ударної в'язкості сильніше, ніж зниження температури гартування. Підвищення вмісту вуглецю підсилює схильність зерна до зростання при нагріванні, погіршує деформівність сталі в гарячому стані і її оброблюваність різанням [2].

Оскільки значна частина вуглецю у швидкорізальній сталі зв'язана в стійких карбідах, що не переходять у розчин навіть при дуже високих температурах, то збільшення кількості елементів, що утворюють стійкі карбіди, приводить до зменшення концентрації вуглецю в мартенситі й зниженню загартовуваності сталі. Для збереження високої загартовуваності в цьому випадку необхідно збільшити загальний вміст вуглецю в сталі. Цей додатковий вуглець, перебуваючи в основному не в мартенситі, а в стійких карбідах, буде впливати на властивості стали лише остільки, оскільки на них впливає кількість і дисперсність карбідів.

Практично збільшення вмісту вуглецю вище верхньої межі необхідно тільки для сталі з підвищеним і високим вмістом ванадію. При зміні кількості вольфраму (і молібдену) у сталі виявляється достатнім варіювання вмісту вуглецю в зазначених межах. Регулюють вміст вуглецю також залежно від

умов роботи інструмента зі швидкорізальної сталі. Так, наприклад, для тонких свердлів, інструментів з тонкими зубами й т.п., де дуже важливі механічні властивості, краще дотримуватися нижньої межі вмісту вуглецю, тоді як для фрез, що працюють в умовах підвищеного зношування, слід прагнути до верхньої межі.

У якості бази для порівняльної оцінки властивостей швидкорізальних сталей прийнята сталь P18, що володіє відносно високою червоностійкістю, твердістю в гарячому стані, зносостійкістю, в'язкістю й маезадовільну здатність до шліфування. Через високий вміст вольфраму сталь має підвищену кількість карбідів. У цій сталі карбіди відносно великі, що знижує різальні властивості інструментів, що мають точну ріжучу крайку. У зв'язку із цим сталь P18 рекомендується для виготовлення інструментів простої форми типу фрез, різців та ін. У цей час через великий вміст дефіцитного вольфраму сталь P18 має обмежене застосування. Її практично витиснули сталі з меншим змістом вольфраму й додатковим легуванням молібденом, ванадієм і кобальтом. При цьому слід урахувати, що збільшення вмісту ванадію погіршує здатність до шліфування сталей через високу твердість карбиду ванадію. Молібден і кобальт приводять до підвищення крихкості й знеуглецювання поверхневого шару. Це вимагає застосування заходів щодо попередження від знеуглецювання зовнішньої поверхні заготовки інструмента, зокрема збільшення припусків на попередню обробку й шліфування.

Сталь марки P12Ф3 при задовільній шліфуємості має трохи підвищену зносостійкість, більш високу червоностійкість і твердість у гарячому стані в порівнянні зі сталями P18 і P9. Сталі марок P6M5 і P6M5K5 за червоностійкістю й твердості в нагрітому стані близькі до сталі P18. Володіючи значно меншою карбідною неоднорідністю, вони мають кращі механічні властивості, у тому числі кращу пластичність у нагрітому стані й шліфуємість, тому застосовуються для виготовлення різних інструментів, що працюють в умовах динамічних навантажень і більших подач.

Сталь марки P10M4K10Ф3 має високу зносостійкість, підвищену твердість у нагрітому стані й червоностійкість. Шлифуємість цієї сталі відносно низька через наявність у її складі карбіду ванадію.

Сталі, що містять кобальт, мають підвищену в'язкість, тому застосовуються для інструментів, що працюють із ударними навантаженнями. Кобальтові швидкорізальні сталі 10P8M4K5, 12P6M5Ф3 K10 і ін. зі вмістом вуглецю від 1...1,2% мають найбільшу твердість і теплостійкість (635...650° C).

Сталі, а точніше сплави B11M7K23, B14K25 і ін., мають високу твердість, теплопровідність і знижену оброблюваність різанням. Твердість таких сталей після відпалу становить 32...37 HRC. Їх рекомендують застосовувати для виготовлення інструментів, призначених для гостріння, фрезерування й стругання важкооброблюваних матеріалів. Найбільш ефективне застосування таких сталей для обробки титанових сплавів і жароміцних сталей.

1.2 Особливості технології виготовлення інструменту зі швидкорізальних сталей

Швидкорізальна сталь постачається в інструментальне виробництво у вигляді прутків круглого перетину, смуг прямокутного й квадратного перетину, заготовок різних форм і розмірів. Заготовки швидкорізальної сталі виготовляють куванням, гарячою прокаткою або холодним волочінням з наступним шліфуванням (так звана сталь-серебрянка). Технічні вимоги до якості швидкорізальної сталі, отриманої традиційним методом лиття, регламентуються ГОСТ 19265-79 (у редакції 1991 р.) і ТУ 14-1-3714, а виготовленої методом порошкової металургії – за ГОСТ 28393-89

Основні технічні вимоги до швидкорізальної сталі зводяться до наступного. Твердість металу в стані постачання повинна становити від HB 255 (P6M5) до HB 285 (P10M4K10Ф3). Прутки повинні бути прямими, без помітної гвинтоподібності. На зовнішній поверхні не повинно бути розкатаних і розкутих міхурів, тріщин і інших пороків. На зовнішній поверхні шліфованої сталі (серебрянки) не допускається ніяких дефектів. Сталь не повинна мати у своїй структурі стрічково розташованих карбідів (рис. 1.2, 1.3), особливо великих їхніх скупчень (ліквацій). Ці дефекти сприяють виникненню тріщин при загартуванні. Така сталь неприпустима для виготовлення різьбового й складнопрофільного інструмента.



Рисунок 1.2 - Карбідна неоднорідність (1 бал) сталі S390PM, $\times 100$



Рисунок 1.3 - Карбідна неоднорідність (6 бал) сталі P6M5Ф 3-Ш, $\times 100$

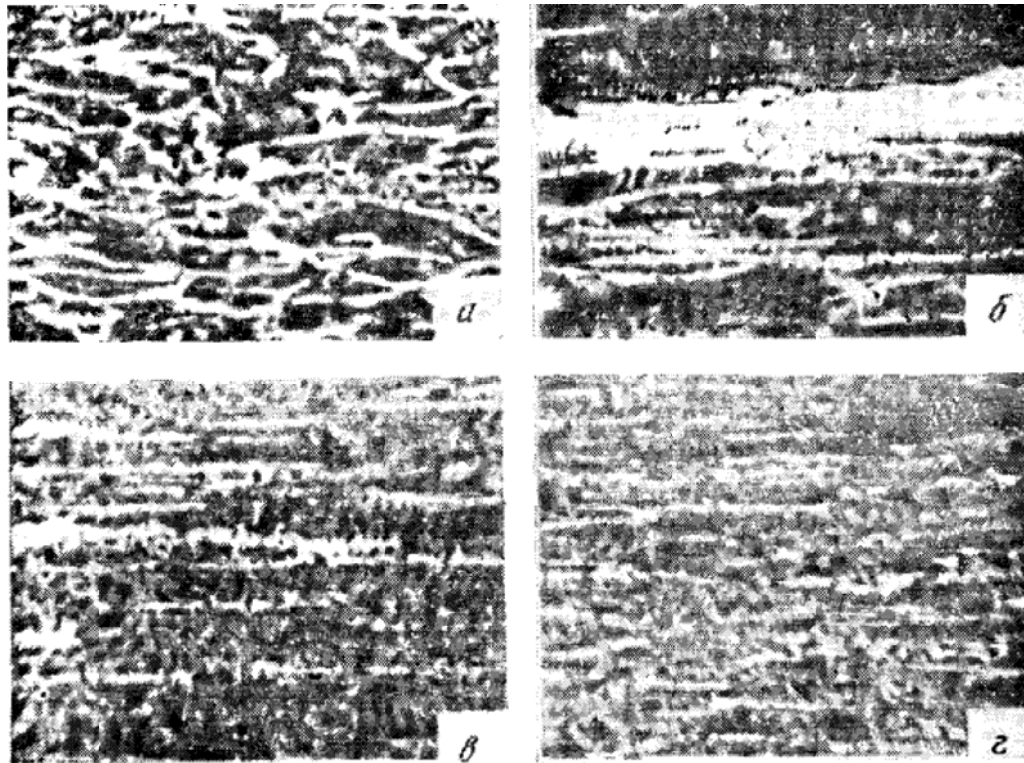
Гранично припустима глибина знеуглецьованого шару в зламі прутків гарячекатаної й кованої сталі не повинна перевищувати $0,5 \text{ мм} + 1\%$ величини діаметра. Глибина знеуглецьованого шару смугової сталі виміряється на широкій стороні смуги. На прутках шліфованої сталі (серебрянки) знеуглецьований шар не допускається.

Бал карбідної неоднорідності характеризує ступінь здрібнювання й рівномірність розподілу карбідів в обсязі металу. Відповідно ГОСТ 19265-73 карбідна неоднорідність оцінюється в балах. Для порівняння: на рис. 2.1 і 2.2 показані мікроструктури швидкорізальних сталей з балом карбідної неоднорідності № 1 і № 6. Бал № 1 відповідає найбільш рівномірному розташуванню дрібних карбідів. Бал № 10, навпаки, відповідає найбільш нерівномірному стрічкованому розподілу щодо великих карбідів у сталі. При виготовленні різального інструменту зі складним дрібнорозмірним профілем рекомендується сталь тільки з 1...3 балами карбідної неоднорідності. Фрези кутові, прорізні, кінцеві, фасонні різці, зенкери, розгортки й ін. виготовляють зі сталі з балом до 4 включно. Сталь із балом карбідної неоднорідності 5 і 6 іде на виготовлення щодо простого крупнорозмірного інструмента, наприклад, різців. Сталь із карбідною структурою понад 6 бал для виготовлення інструмента не застосовується й повинна проходити попередню обробку пластичним деформуванням – куванням або штампуванням [4].

Зі збільшенням кількості карбідів, - розміру вилівка збільшується товщина сітки евтектики (ледебуритної сітки); після гарячої деформації розподіл подрібнених зерен карбідів і їх розмір залишаються усе ще нерівномірними. Ступінь гарячої деформації (перековування) також має свої межі. На рисунку 1.4 представлені еталони карбідної неоднорідності в інструментальних сталях, що містять карбіди типу $M_{23}C_6$, M_6C и MC .

Зі збільшенням загальної кількості карбідів усе більшим стає розмір роздроблених гарячою деформацією карбідних зерен. Є багато технологічних способів виробництва, які застосовують для усунення евтектичної карбідної

сітки й зменшення розміру карбідних зерен. Лита структура сталі може бути здрібнена, наприклад, уведенням зародкоутворювачів.



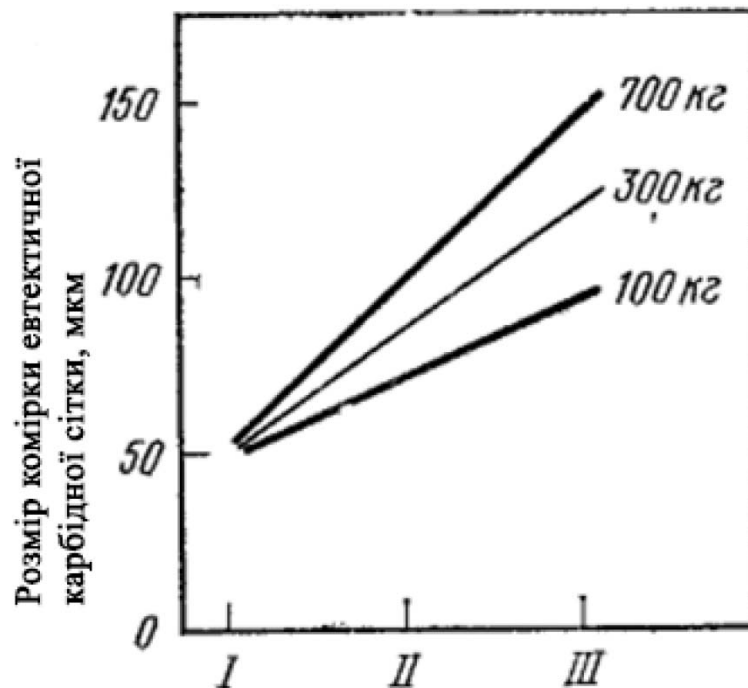
а — сітка карбідів; б — дуже широкі карбідні рядки; в — карбідні рядки (найпоширеніші ступені обтиснення); г -тонкі рядки дрібних карбідів

Рисунок 1.4 - Розподіл карбідів у швидкорізальній сталі в міру збільшення ступені деформації (від а до г) (х60)

Під впливом нітрідів алюмінію, титану, цирконію евтектичний (ледебуритний) карбід, розподіляючись по більшій поверхні здрібнених зерен аустеніту, утворює більш тонку сітку. Підвищення швидкості первинної кристалізації діє в цьому ж напрямку. Коефіцієнт форми виливниц (відношення висоти виливниці до ширини) за можливістю повинен бути менш 3, а в особливих випадках повинен рівнятися 1,5. З метою зменшення ступені деформації при виготовленні профілю заданого розміру неминучим стає збільшення розміру виливка. Найбільш сприятливим є виливок масою

100-1500 кг. Зі збільшенням маси виливка значно зростає розмір евтектичної карбідної сітки в середніх зонах виливка (рис. 1.5).

Евтектична карбідна сітка сталей, легованих молібденом, набагато тонше, ніж у сталях, легованих вольфрамом.



I — поверхня; II — перехідна зона; III — серцевина

Рисунок 1.5 - Зміна розміру комірки карбідно-евтектики залежно від маси виливка (цифри на кривих відповідають масі виливків)

Переплавлення знижують дефекти твердіння й кількість елементів-шкідливих домішок. Завдяки цьому поліпшуються, наприклад, гаряча деформівність і в'язкість сталей. Для одержання заданих властивостей високолеговані (з більшим вмістом карбідів) інструментальні сталі в цей час, як правило, переплавляють.

Ефективність гарячої деформації, перековування підвищується, якщо її здійснювати одночасно з декількох сторін (на швидкохідних пресах, на ротаційних кувальних машинах). У цьому випадку й схема напруженого стану при деформації також більш сприятлива. При нагріванні, таким чином, можна досягти більшої зміни поперечного перетину. Початкова температура

деформації й час теплової витримки перед деформацією, її тривалість впливають не тільки на величину карбідів, але й на розмір зерна аустеніту (рис. 1.6).

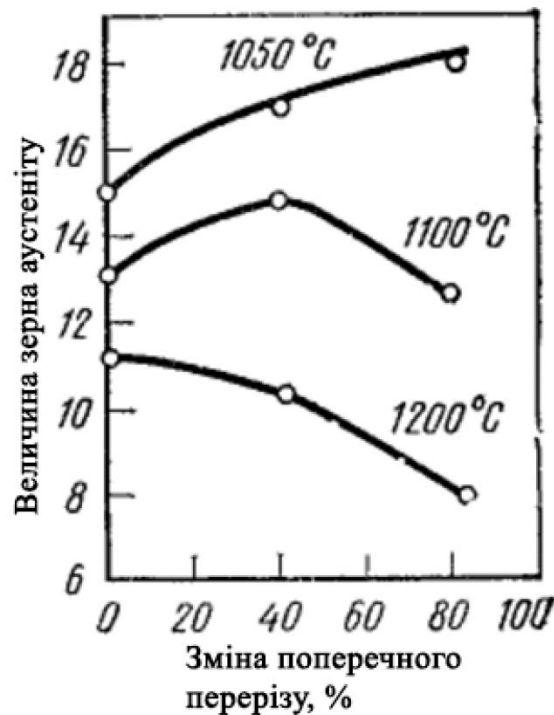


Рисунок 1.6 - Зміна величини зерна аустеніту сталі марки Р6М5 залежно від ступеня деформації при різних вихідних температурах деформування

Під дією високої температури й тривалої теплової витримки укрупнюються карбіди типу MeC ; вони перетворюються в кутасті, дуже важко здрібнювані карбіди. Крім того, зростає небезпека можливого знеуглецювання. Для попередження знеуглецювання застосовують швидке нагрівання (в атмосфері захисного газу), коротку (4—6 ч) теплову витримку, збільшують ступінь деформації при багатобічному стисканні. Усе це в результаті значно поліпшує якість інструментальних сталей. Крім того, потрібно піддавати, принаймні, чотириразовому укову матеріал для блоку великогабаритної кузальної матриці [6].

При підвищенні температур початку деформації понад рекомендовані знижується пластичність через ріст зерна при тривалих нагріванні й

витримці. Для сталей з невеликим змістом вольфраму (-6 %) у ряді випадків доцільно додаткове зниження температури початку деформації на 20-30 °С у порівнянні із зазначеними в табл. 1.5, що може зменшити чутливість до різнозеренності.

Таблиця 1.5 - Технологічні властивості (режими гарячої деформації) швидкорізальних сталей

Марка сталі	Ковка			Режим нагріву перед ковкою			
	Температура, °С		Режим охолодження при розмірі перерізу до 300 мм	Температура, °С		Час нагрівання витримки, хв, на 10 мм діаметра	
	нагрівання	кінця обробки		Розмір перерізу, мм			
				до 80	більше 80	до 80	більше 80
P18, P12	1140-1180	900-920	В колодцях при 750-800 °С	780-820	400-600, повільний нагрів до 780-820 °С	7-8	7-8, потім витримка при 780-820 °С, 7-8 хв
P6M5, P8M3	1080-1120	870-900	То же	То же	То же	То же	То же
P9	1140-1180	900-920	»	»	»	»	»
P18Ф2K5, P18Ф2K8M	1140-1180	950-980	»	»	»	»	»
P9M4K8	1150-1180	880	»	»	»	»	»

При більш високих температурах закінчення деформації в порівнянні із зазначеними в таблиці 1.5 погіршуються чистота поверхні й структура внаслідок утвору карбідної сітки й нафталінистого зламу (за винятком випадків, коли деформація виконується зі значним обтисненням і з великою швидкістю). Якщо ступінь деформації невеликий, то слід знизити температуру нагрівання до 1080-1100 °С. Через низьку теплопровідність

швидкорізальних сталей нагрівання повинно бути вповільненим. Заготовки розташовують у піч із температурою 400 -600 °С й повільно нагрівають до температури 780-800 °С (час нагрівання й витримки зазначено в табл. 6.22), подальше нагрівання прискорено для зменшення окиснення й зневуглецювання: 5-6 хв на кожні 10 мм діаметра. Після вповільненого охолодження з температури закінчення деформації необхідний негайний відпал. Заготовки діаметром менш 65 мм можна передавати на відпал безпосередньо з температур закінчення кування.

Для попередження появи тріщин потрібно особливо ретельно дотримуватися режимів обробки сталей зі значним опором пластичної деформації, атакож тих, що мають більшу концентрацію вуглецю в розчині, кобальтових сталей з підвищеним вмістом вуглецю й сталей високої теплостійкості. Оброблюваність тиском (ковкість) характеризується по зміні пластичності, яка залежить від кількості й умов розподілу карбідів, величини зерна й ступені легованості аустеніту. Усі перераховані сталі мають підвищену кількість карбідної фази й високу концентрацію легувальних елементів в аустеніті, що й визначає їхню схильність до утвору тріщин. Охолодження кувань, починаючи з температури 900 °С, повинне бути вповільненим, тому що прискорене охолодження є основною причиною появи тріщин у деформованій сталі.

Для досягнення високих значень твердості й теплостійкості швидкорізальні сталі крім регулювання їх складу важливим є правильний вибір схеми й параметрів режимів термічної обробки. Стандартною термічною обробкою відпаленої швидкорізальної сталі є її загартування з відносно високих температур і наступна багаторазова високотемпературна відпуск (рис. 1.7).

При цьому необхідно враховувати, що підвищення температури гартування сталі неминуче веде до укрупнення зерна аустеніту (рис. 1.8).



А - аустеніт; М - мартенсит, K₁ - первинні карбіди; K₂ - вторинні карбіди; A_{ост} - залишковий аустеніт; Мот - мартенсит відпуску

Рисунок 1.7 - Режим стандартної термічної обробки швидкорізальної сталі

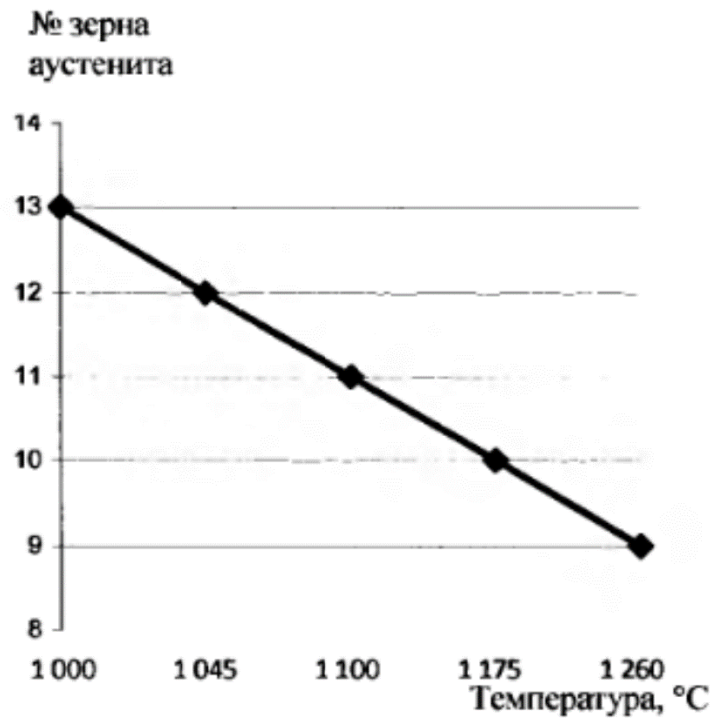


Рисунок 1.8 - Залежність величини зерна аустеніту від температури загартування швидкорізальної сталі Р6М5

Температури загартування для збереження дрібного зерна й одержання необхідної теплостійкості залежать від хімічного складу сталі й у першу чергу від вмісту вольфраму.

У сталей підвищеної теплостійкості зі зниженими міцністю й в'язкістю, дисперсійне твердіння яких при відпусці проходить інтенсивніше, у більшості випадків необхідно зберігати більш дрібне зерно. Температуру загартування зручно контролювати по величині зерна аустеніту (табл. 1.6) **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

Таблиця 1.6- Температури загартування сталей помірної теплостійкості

Типы инструментов	Температуры нагрева, °С*				Величина зерна, номер	Твердость HRC после отпуска и нагрева при 620 °С, 4 ч
	P18	P12	P6M5	P8M3		
Крупные сверла и резцы	1280... 1 300	1 245... 1 255	1 220... 1 240	1 230... 1 245	10...9	60...61
Остальные режущие инструменты	1 270... 1 290	1 225... 1 245	1 215... 1 230	1 220... 1 235	10,5... 10	59...60
Штампы	1 240... 1 260	1 200... 1 220	1 190... 1 210	1 200... 1 220	12...11	56...57

* Температури загартування сталей типу P2M8 на 10...20 °С нижче, сталі P6M5, а сталей з азотом або ніобієм - приблизно на 10 °С вище.

Для швидкорізальних сталей, що мають багато надлишкових карбідів, характерне збереження дрібного зерна навіть при нагріванні, що перевищує температури загартування заевтектоїдних сталей.

Дуже дрібне зерно (номер 12...11) зберігається при температурах, при яких досягається значне насичення аустеніту: 1 250... 1 260 °С (сталь P18), 1 210...1 220 °С (сталь P12) і 1 190...1 200 °С (сталь P6M5).

Підвищення нагрівання додатково на 25...30 °С викликає більш помітне зростання зерна до номера 10...9. Суттєво, що такому нагріванню відповідає насичення аустеніту вуглецем і легуючими елементами, близьке до граничного. У сталі з великою карбідною неоднорідністю утворюється зерно неоднакової величини. У ділянках, збіднених карбідами, зростання зерна починається при температурах, на 10...15 °С більш низьких, ніж у сталі із дрібними й рівномірно розподіленими карбідами.

Подальше підвищення температури на 10..20°C, при якому зберігаються дрібні карбіди, викликає помітні якісні зміни структури. Спостерігаються стрибкоподібне зростання зерна до номера 8...7 і утворення карбідної сітки, що виникає при охолодженні. Легований аустеніт стає сильно пересиченим при більш низьких температурах (1 000...700 °С), тобто в температурній області, у якій ще інтенсивно протікають дифузійні процеси **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**. Тому навіть при швидкому охолодженні з аустеніту встигає виділитися частина карбідів, розчинених при високому нагріванні. Ці карбіди через вплив границь зерен виділяються головним чином у прикордонних шарах. Ще більш сильне нагрівання переводить сталь у область δ-евтектоїда, а ледебурит здобуває форму окремих ізольованих включень.

Тривала витримка поблизу температур утворення рідкої фази змінює форму карбідів, які стають кутастими й великими **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

Таким чином, виявляється протиріччя при знаходженні оптимальних значень температури загартування швидкорізальної сталі: з одного боку, для одержання дрібного й дуже дрібного зерна аустеніту необхідно обмежувати температури нагрівання під загартування значеннями, що ненабагато перевищують критичні температури, з іншого боку - одержання високолегованого твердого розчину в структурі сталі з метою підвищення її механічних і експлуатаційних властивостей досягається підвищенням

температури при загартуванні, що сприяє процесам інтенсифікації розчинення карбідів у твердому розчині.

Відпускання швидкорізальної сталі повинно забезпечити одержання високої вторинної твердості й зняття гартівних напружень для підвищення міцності й перетворення залишкового аустеніту. Виконують двох-, трьох- або чотириразову відпустку залежно від складу сталі й режиму загартування.

Після безперервного або східчастого загартування двократну відпустку застосовують для вольфрамомолібденових і молібденових сталей, трикратний - для вольфрамкових і більшості кобальтових сталей, чотириразовий - для кобальтової сталі Р8МЗК6С и всіх сталей після неповного ізотермічного загартування.

Третя, а іноді й четверта відпуск потрібні головним чином для більш повного зняття напружень і додаткового поліпшення механічних властивостей.

Залежно від перетину інструмента, серійності, автоматизації процесу застосовують тривале відпускання (по 60...90 хвилин кожний) і короткочасні(10...20 хвилин).

Температури відпуску сталей помірної й підвищеної теплостійкості, що викликає дисперсійне твердіння, мало відрізняються для різних сталей і становлять 550...570 °С. Однак на практиці температуру одного із цих відпускань встановлюють по-різному й у зв'язку із цим застосовують наступні режими **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

1. Відпускання з однаковими температурами кожної відпуску. Запропонований в 1935 році й називаний класичним, така відпуск найпоширеніша й застосовується у відношенні вольфрамо молібденових (550...570 °С), а також вольфрамкових і вольфрамокобальтових (560...570 °С) сталей. Твердість сталей після відпуску становить: 63...65 HRC для сталей помірної теплостійкості; 65...66 HRC для сталей з підвищеним вмістом вуглецю й легованих ванадієм; 65,5...67 HRC для кобальтових з 0,7...0,9 %С; 67...69.5 HRC для кобальтових з 1...1,1 %С.

2. Відпуск зі зниженою температурою першого нагрівання (340...360 °С) при збереженні температур наступних відпусток у зазначених вище межах. Перевага такої відпуску полягає в тому, що створюються більш сприятливі умови для утворення дисперсних карбідів легувальних елементів при наступних відпусках при 550...570 °С. Цементитний карбід, що виділяється при першому низькотемпературному нагріванні, сприяє рівномірному розподілу карбідів M_2C за обсягом зерна, що забезпечує зростання твердості при незмінних або навіть трохи підвищених в'язкості й міцності. Стійкість інструмента в цьому випадку збільшується на 15...30% у порівнянні з одержуваною післявідпуску із трикратним нагріванням при 550...570 °С.

Слід враховувати, що нагрівання загартованої сталі при 350 °С сприяє стабілізації аустеніту, тому загальне число відпусток доводять до трьох для вольфрамомолібденових сталей і до чотирьох - для вольфрамових сталей і сталей з підвищеним вмістом вуглецю, у тому числі кобальтових.

3. Відпуск, при якій температура першого нагрівання, навпаки, більш висока й становить 570...580 °С, а другого й третього (для вольфрамових і сталей підвищеної теплостійкості), як і в попередніх випадках, зберігається на рівні 550...570 °С. При такому режимі протікає більш повне перетворення залишкового аустеніту. Відпуск доцільна для великих інструментів і для вольфрамомолібденових сталей, наприклад Р8МЗ із підвищеним вмістом вуглецю, що дозволяє відмовитися від виконання четвертої відпуску.

4. Відпускання, при якому перші два нагрівання проводяться при 550...570 °С, а третє - при підвищеній температурі, до 580...600 °С. Така відпуск за одержуваними результатами поступається розглянутим вище. При більш високому останньому нагріванні підсилюється виділення карбідів, що знижує міцність і в'язкість. Крім того, незначно зменшується твердість сталей, що особливо містять молібден.

Недоцільність застосування багаторазової високотемпературної відпуску швидкорізальної сталі змушує шукати принципово нові способи й технології усунення або зведення до мінімуму кількості залишкового аустеніту в загартованій швидкорізальній сталі.

1.3 Перспективи використання методів порошкової металургії для отримання заготовок інструментів з підвищеним рівнем червоностійкості

Порошкова технологія одержання швидкорізальної сталі відрізняється від традиційного методу. У результаті виходить компактна маса, у якій рівномірно розподілені карбіди різних легуючих елементів. Однією з основних проблем, пов'язаних зі швидкорізальними сталями, отриманими традиційним методом, є непостійні форма й розміри, і нерівномірний розподіл карбідів (рис.1.9, б). Управляти розмірами й розподілом карбідів дуже складно. У результаті сталь може мати цілу низку дефектів, таких як неоднорідність металургійних характеристик, надлишкова твердість і крихкість в окремих зонах, погана оброблюваність, високий рівень деформацій при термічній обробці тощо.

У швидкорізальних сталях, отриманих порошковим методом, карбіди мають малі розміри й дуже добре розподілені по всій масі матеріалу (рис.1.9, а). Крім того, у цих сталях легше контролювати розмір і розподіл карбідів. Як наслідок, можна збільшувати процентний вміст легувальних елементів, поліпшуючи різальні здатності сталі. Переваги порошкової швидкорізальної сталі також обумовлюються її дрібнозеренною структурою, відсутністю домішок (суттєво впливає на в'язкість) і відсутністю ліквації (сегрегації), тобто високою однорідністю всієї заготовки за хімічним складом, структурою включеннями. Метод одержання порошкової сталі обмежує зовнішній діаметр виробу (у нашому випадку черв'ячної фрези) до 250 мм.

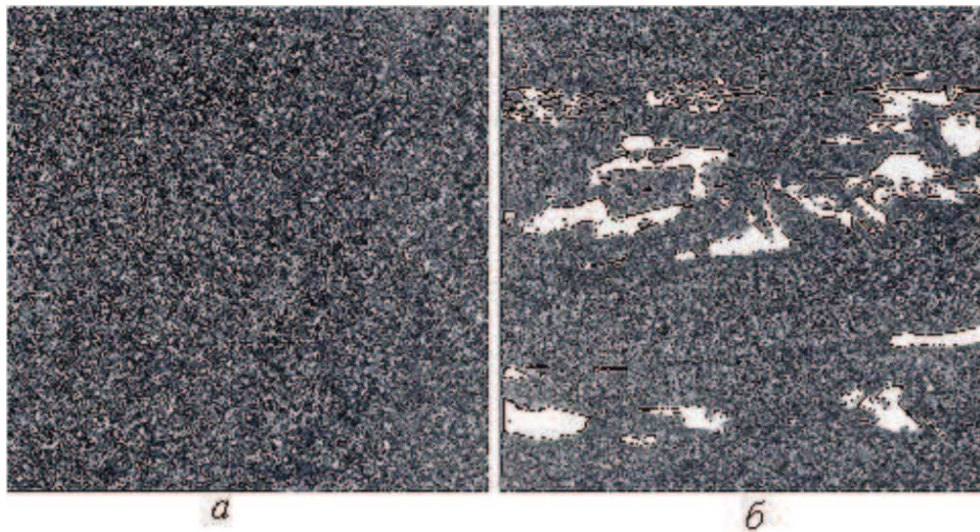


Рисунок 1.9 - Порівняння порошкової (а) і звичайної (б) швидкорізальної сталі

В останні роки різко зростає виробництво швидкорізальних сталей методом порошкової металургії, що дозволяє одержати винятково однорідну дрібнозеренну структуру металу. При плавці сталь продувають аргонем для виведення з неї шлакових включень, потім потік розплавленої сталі розпорошують у рідкому азоті, у результаті чого утворюються застигли дрібні гранули металу. Не допускаючи окиснення поверхні гранул, їх поміщають у сталевий контейнер, що герметично закривається, у якому створюють вакуум, і роблять спікання вмісту контейнера при температурі 1500°C і високому тиску. Отриманий матеріал потім піддають прокатці, так само як і звичайну швидкорізальну сталь.

Порошкова сталь може містити більший, ніж звичайна швидкорізальна сталь, відсоток карбідів при досить рівномірному їхньому розподілі в структурі. При цьому в сталь вводять підвищену (6...8%) кількість ванадію, що забезпечить утворення найбільш твердих й зносостійких карбідів; збільшують до 2,0...2,5% вміст вуглецю.

Як видно з наведеної діаграми(рис. 1.10), властивості порошкових швидкорізальних сталей суттєво різняться між собою.



Рисунок 1.10 - Властивості різних швидкорізальних сталей: 1 – REX121; 2 – S380; 3 – REX76; 4 – порошкова ШРС; 5 – звичайна ШРС

Одночасне збільшення твердості й міцності дозволяють збільшувати швидкість різання й подачу. Швидкості різання при застосуванні порошкових сталей на 10...200% вище, ніж для звичайної швидкорізальної сталі. Рівень подачі також вище. У результаті, застосування порошкових швидкорізальних сталей забезпечує істотне збільшення продуктивності.

Порошкову сталь відрізняє висока міцність, а також зносостійкість, близька до рівня зносостійкості твердого сплаву. Володіючи більш високою твердістю й міцністю в порівнянні зі звичайними швидкорізальними сталями, порошкова сталь, має ще й кращу шлифуємість. Це обумовлено дрібнозеренністю сталі й малими розмірами карбідів, що мають твердість до 70 HRC. У цілому шлифуємість порошкових сталей приблизно на 20...30% вище шлифуємості аналогічних марок звичайних швидкорізальних сталей [5]. За рахунок підвищеного вмісту дрібнодисперсних карбідів стійкість різальних інструментів з порошкових сталей в 1,2...2 рази вища, ніж інструментів зі сталі, отриманої традиційним методом переплаву. Характеристики порошкових швидкорізальних сталей наведені в таблиці 1.7 [2].

Таблиця 1.7 - Характеристики порошкових швидкорізальних сталей

Марки	Характерні фізико-механічні властивості	Шлифує-мось	Область застосування
P6M5Ф4-МП	Висока міцність на згин; в 1,5 - 2, 5 рази більш висока стійкість у порівнянні з аналогічною маркою, зробленою традиційним способом	Задовільна	Фрези й свердла для чорнової і напівчистої обробки жаростійких високоміцних сплавів типу ХН77ТЮР
P9M4K8-МП, P12MФ5K6-МП (T15-PM)	Висока міцність на згин; в 1,5-2, 5 рази більш висока стійкість у порівнянні з аналогічною маркою, зробленою традиційним способом	Гарна	Фрези, свердла, зенкери й т.п. для обробки жаростійких сплавів зниженої оброблюваності
P12M3K5Ф2-МП, P2MI0ФK8-МП			Для протягання жароміцних сталей
P6M5K5-МП		Задовільна	Для обробки низько- і середньолегованих сталей (сверлення, розгортання, зенкерування, фрезерування)

Мікроструктура порошкової швидкорізальної сталі, отриманої методами ГИП, ГГП і наступної гарячою деформацією, характеризується високою дисперсністю й однорідністю розподілу карбідної фази, що недосяжне в матеріалі звичайної металургійної технології. Середній розмір карбідів становить 0,6-0,8 мкм, а максимальний не перевищує 2-3 мкм. Дрібні рівномірно розподілені карбіди знижують схильність порошкової швидкорізальної сталі до росту зерна. При правильно обраному режимі загартування зерно аустеніту виходить не крупніше № 11-12 за ДСТ 5639-82.

Випробування експлуатаційних властивостей у виробничих умовах довели, що стійкість інструмента з порошкової швидкорізальної сталі в 1, 5-3 рази вище, ніж в інструмента з тієї ж сталі звичайною виплавки. Найбільший ефект досягається при різанні важкооброблюваних матеріалів.

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Матеріали дослідження

Для виготовлення ріжучого інструмента використовуються швидкорізальні сталі, хімічний склад яких наводиться в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад швидкорізальних сталей

Марка сталі	Хімічний склад, %(мас.)					
	C	Cr	W	Mo	V	Co
P6M5	0,8-0,88	3,8-4,4	5,5-6,5	5,0-5,5	1,7-2,1	--
P18	0,7-0,8	3,8-4,4	17,0-18,5	до 1	1,0-1,4	--
P9M4K8	1,0-1,1	3,0-3,6	8,5-9,6	3,8-4,3	2,1-2,5	7,5-8,5

Розглянемо загальні властивості (табл. 2.2 та 2.3) цих сталей після термічного обробки, яка полягає в гартуванні з температур $(1230 \pm 10)^\circ\text{C}$ в маслі та триразовому відпусканні при $(550 \pm 10)^\circ\text{C}$.

Таблиця 2.2 – Властивості швидкорізальних сталей

Марка сталі	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{\text{ст } 0,2}$, МПа	$\sigma_{\text{ст}}$, МПа	$\tau_{\text{к}}$, МПа	$\sigma_{\text{зг}}$, МПа	Твердість HRC	KCU, кДж/м ²
P6M5	2400	3100	3250	2100	3300-3400	63	350
P18	2150	3060	3820	1880	2900-3100	63-64	300
P9M4K8	16660	3160	3300	1460	2550	67,5	260

Таблиця 2.3 – Червоностійкість швидкорізальних сталей

Марка сталі	Гартування	Відпускання (при 560°C, 3 рази)	Червоностійкість (твердість HRC) швидкорізальних сталей, нагрівання при температурі, °C		
			600	625	650
P6M5	63	64	60,5-61	58	48
P18	64	64	62	59	48,5
P9M4K8	62	65	65	63	55

З підвищенням температури до 500-600°C міцність сталі P6M5 знижується, а в'язкість підвищується. Пластичність сталі P6M5 при температурах деформування вища. Твердість після відпалу нижча, що забезпечує кращу обробку різанням. Її шліфуємість гарна.

Сталь P6M5 чутлива до знеуглецьовування. Крім того у сталей окремих плавов при гартуванні з температур, прийнятих як оптимальні, більш крупне зерно та знижена міцність. Це спостерігається головним чином при вмісті вуглецю, близькому до верхньої границі для марки, тому що вуглець знижує температури гартування. Для підвищення стабільності властивостей необхідно встановлювати вміст вуглецю в цих сталях в більш вузьких границях: 0,7-0,8%. Густина сталі P6M5 після відпалення складає 8,1 г/см³.

Швидкорізальна сталь P18 містить багато вольфраму, ніж інші сталі і тому має підвищену кількість карбідів (22-25% після відпускання). Основний карбід M_6C ; частка карбиду MC не більш 2-3% від загальної кількості карбідної фази.

Переваги сталі P18:

- невелика чутливість до перегріву при гартуванні (через вплив підвищеної кількості карбідів) і в зв'язку з цим гарна стабільність властивостей сталей різних плавов;

- гарна шліфуємість ; вміст ванадію в сталях P18 може бути менший, ніж в інших.

Сталь має кращі ріжучі властивості при обробці сталей з великим вмістом карбідів (наприклад шарікопідшипникові) і інструментах відносно простої форми (різці, свердла); це пов'язано з високим опором пластичному деформуванню через присутність більшої кількості карбідів.

Головні недоліки сталі P18:

- карбіди в сталі з високим вмістом вольфраму – великі, що знижує ріжучі властивості в інструментах з тонкою кромкою;

- міцність та в'язкість сталей з 18% W дуже залежать від профілю прокату; вони задовільні лише в невеликому перерізі; міцність складає 3000-3300 та 2000-2300 МПа в прутках діаметром 30 та 60-80 мм відповідно;

- гаряча пластичність сталі P18 з цих же причин знижена, особливо в крупному профілі. Це призводить до труднощів при виготовленні інструментів гарячою пластичною деформацією.

Сталь P18 доцільніше використовувати для інструментів, головним чином фрез діаметром 15-40 мм, і для різців, що підлягають значному шліфуванню.

Ще можна додати, що сталь P18 є більш кошовною, ніж P6M5.

Для заміни сталі P6M5 пропонується сталь P9M4K8. На відміну від P6M5 містить 7,5 – 8,5% кобальту. Кобальт – єдиний легуючий елемент швидкорізальних сталей, який суттєво підвищує червоностійкість (до 645-650°C) та вторинну твердість (до HRC 67-70). Підвищена стійкість проти зниження твердості утворюється на ділянці зворотного, а також незворотного знеміцнення. Крім того, кобальт поліпшує теплопровідність; при однакових умовах різання температура ріжучої кромки інструментів з кобальтової сталі на 30-75°C нижча.

Однак кобальт знижує міцність та в'язкість тим сильніше, чим більше його в сталі; тому найбільший ефект підвищення стійкості утворюється при різанні без підвищених динамічних навантажень.

Стійкість інструментів із раціонально легованих кобальтових сталей вища у 2-4 рази, ніж у сталей помірної теплостійкості. Вона вища при різанні важкооброблюємих матеріалів; аустенітних, жароміцних та нержавіючих сплавів та конструкційних сталей підвищеної твердості (HRC 40-45) та при підвищених швидкостях різання. Кобальт на відміну від вольфраму (молібдену), ванадію та хрому не утворює карбідів; він присутній в α - та γ -фазах і в карбіді M_6C пропорційно його вмісту в сталі. В карбіді M_6C кобальт заміщує частину атомів заліза.

По структурі після відпалення швидкорізальні сталі відносяться до ледебуритного класу, в нормалізованому стані – до мартенситного.

Таким чином, проаналізувавши властивості трьох сплавів, буде доречним зупинити свій вибір на сталі P9M4K8. Хоча вона більш коштовна, але порівняно з P6M5 та P18 сталь P9M4K8 має більш високу червоностійкість (до 650°C), більш високу твердість (65 HRC) і кращі механічні властивості.

2.2 Методи дослідження

2.2.1 Визначення твердості за Роквелом

При вимірюванні твердості по Роквелу індентор — алмазний конус з кутом при вершині 120° і радіусом заокруглення 0,2 мм чи сталева кулька діаметром 1,5875 мм — вдавлюється в зразок під дією двох послідовно прикладених навантажень: попередньої P_0 і загальної $P=P_0+P_1$, де P_1 — основне навантаження.

Число твердості по Роквелу вимірюють в умовних одиницях, воно є мірою глибини вдавлення індентора під певним навантаженням.

2.2.2 Випробування на розтяг

Вирізання заготовок для зразків проводиться на металорізальних верстатах шляхом використання кисневого чи анодно-механічного різання, передбачаючи припуски на зону при нагрівання металу зі зміненими властивостями при нагрівання та наклепі. Випробування на одноосьове розтягування - найбільш розповсюджений вид випробувань для оцінки механічних властивостей металів і сплавів, так як дозволяє за результатами одного дослідження визначати відразу декілька важливих механічних характеристик матеріалу. Цей вид випробувань проводиться за ГОСТ 1497-84 „Методы испытания на растяжение”.

2.2.3 Випробування на згин

Необхідність випробування на згин зумовлена напруженим станом під час роботи виробу.

При випробуваннях на згин використовують схему навантаження зразка, що лежить на нерухливих опорах (ГОСТ 14019-80 „Методы испытания на изгиб”). Навантаження прикладається зосередженою силою посередині між опорами.

2.2.4 Випробування на ударну в'язкість

Основним зразком для випробування матеріалу на ударну в'язкість за ГОСТ 9454-78 „Методы испытаний на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах” служить стрижень із квадратним перетином 10×10 мм і довжиною 55 мм.

2.2.5 Випробування на зношування

Методи випробувань на знос, що моделюють можливі умови експлуатації, численні. При цьому результати випробувань різними методами не вдається порівнювати, оскільки в них реалізуються різні механізми зношування, використовуються різні зовнішні механічні впливи і робочі середовища.

У випадку випробування матеріалу для фрези, використовують схему випробування тертям ковзання в умовах відсутності змащування.

2.2.6 Металографічний аналіз

Мікроструктуру досліджували з допомогою оптичного мікроскопу CarlZeiss. З його допомогою було визначення особливості структури швидкорізальних сталей. Для дослідження зразки шліфували, полірували і піддавали щавленню в спеціально підготовлених розчинах кислот.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Серійна технологія отримання швидкорізальних сталей

Можливі варіанти ТО, в т.ч. інноваційні, які розглянуто в аналітичному огляді, можуть бути реалізовані в умовах будь –якого машинобудівного виробництва, для реальної номенклатури, з використанням певного устаткування.

3.1.1 Номенклатура виробів і маршрутна технологія їх виготовлення

Для розробки технології термічної обробки деталей, вибору устаткування виробничого підрозділу необхідно мати дані про номенклатуру виробів, їх розмірах, масі й основних вимогах до матеріалів. Номенклатуру виробів представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Номенклатура виробів

Назва виробу	Марка матеріалу	Маса, кг	Розміри виробу, мм				Вимоги до матеріалу
			<i>b</i>	<i>l</i>	<i>h</i>	<i>d</i>	
1	2	3	4	5	6	7	8
Фреза радіусна	P9	1,300	52	180	68	25	HRC 64...66
Фреза	P9	0,540	60	80		25	HRC 64...66
Фреза	P9	0,550	73	87		22	HRC 64...66
Різець канавковий	P18	0,5		165	25	25	HRC 63...66
Протяжка	P18	4,5		120	80	60	HRC 63...66
Зенкер	P18	4,5		120	80	60	HRC 63...66

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Фреза для гребенця	P6M5K5	0,580	75	90		27	HRC 65...68
Протяжка	P6M5K5	3,700		100	80	60	HRC 65...68
Розгортка	P6M5K5	1,900		200	50	25	HRC 65...68
Розгорткак	P6M5K5	3,860		200	80	31	HRC 65...68
Розгортка	P6M5K5	7,200		578	200	80	HRC 65...68

Технологія виготовлення виробів на машинобудівних і інструментальних підприємствах являє собою логічну послідовність технологічних операцій, виконання яких дозволяє одержати якісні вироби з відповідними характеристиками й властивостями матеріалу.

Виходячи з отриманих даних, розроблена схема маршрутних технологій виготовлення виробів (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Маршрутна технологія виготовлення різальних інструмент

№	Назва операції (комплексу операцій)	Цех (ділянка), де виконується операція	Призначення операції
1	2	3	4
1	Вхідний контроль	Заготівельний цех	Контроль хімічного складу, розмірів макроструктури, відсутності дефектів гарячекатаного прокату
2	Заготівельна	Заготівельна ділянка ковальсько-ливарного цеху	Одержання заготовок із прокату для наступного штампування

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4
3	Штапування	ковальсько-ливарний цех	Додання необхідної форми, розмірів і створення сприятливої макроструктури
4	Механічна обробка	Інструментальний цех	Додання деталі необхідної форми й розмірів
5	Основна термічна обробка	Термічне відділення інструментального цеху	Додання необхідної структури й властивостей
7	Остаточна механічна обробка	Інструментальний цех	Додання виробу остаточних розмірів, геометрії, шорсткості згідно з робітниками кресленням
8	Вихідний контроль	Відділ контролю й Центральна заводська лабораторія	Контроль розмірів, геометрії, шорсткості згідно з робітниками кресленням, відсутність дефектів

3.1.2 Розробка режимів і технології термічної обробки

Технологія термічної й хіміко-термічної обробки – складові частини технологічного процесу виготовлення виробу, який забезпечує одержання необхідної структури, механічних і експлуатаційних властивостей, якості виробу.

До основних операцій можна віднести відпал, нормалізацію, загартування, старіння, відпустку, обробку холодом, цементацію (або інший варіант ХТО).

До додаткових - промивання виробів, очищення поверхні виробів від окалини, захист поверхонь при хіміко-термічній обробці.

Розробка режимів основних і допоміжних операцій ТО складається з вибору температур нагрівання й розрахунків часу нагрівання, витримки й охолодження. для основних операцій ТО: вибору складу робочого середовища для нагрівання, насичення й охолодження, визначення складу й витрати робочого середовища, визначення режимів допоміжних операцій.

При правильному виборі основних параметрів режиму ТО забезпечується одержання необхідної структури, властивостей і якості виробів при відповідній операції. Режим ТО складається з наступних параметрів: швидкість нагрівання, температура нагрівання, час витримки й швидкість охолодження.

Термічна обробка сталей, застосовуваних для різальних інструментів, складається із загартування й трикратного відпускання.

Дуже високі температури загартування необхідні для можливо більш повного розчинення вторинних карбідів і одержання високолегованого хромом, вольфрамом і ванадієм аустеніту. Це забезпечує одержання після загартування мартенситу, що володіє високою стійкістю проти відпуску, тобто теплостійкістю. Однак навіть при дуже високому нагріванні розчиняється тільки частина карбідів. Перевищувати зазначені температури не можна, тому що це супроводжується зниженням механічних властивостей швидкорізальної сталі внаслідок росту зерна. Однак для швидкорізальних сталей, що мають багато надлишкових карбідів, характерне збереження дрібного зерна (10-й бал), навіть при нагріванні до дуже високих температур загартування. При нагріванні до температури загартування щоб уникнути утвору тріщин застосовують підігрів інструмента в розплавленій солі при $840 \pm 10^{\circ}\text{C}$ и $1190-1210^{\circ}\text{C}$.

Витримка при температурі загартування повинна забезпечити розчинення тієї частини карбідів, яка при даній температурі може бути переведена в розчин. Щоб уникнути окиснення й знеуглецювання вона повинна бути нетривалою: для інструментів діаметром (товщиною) 10-50 мм 8-9 сек на кожний міліметр діаметра або найменшої товщини інструмента при нагріванні в розплавленій солі (частіше BaCl_2) і 12-14 сек при нагріванні в печі.

Високолегований аустеніт, отриманий при нагріванні під загартування, має велику стійкість. Тому при охолодженні в будь-якому середовищі – маслі, у розплавах солей, на повітрі, аустеніт переохолоджується до температури M_n (180-200°C) і при подальшому охолодженні зазнає мартенситного перетворення. Структура швидкорізальної сталі після загартування уявляє собою високолегований мартенсит, що містить 0,4-0,5 %C, нерозчинені карбіди й залишковий аустеніт

При загартуванні різального інструменту нагрівання здійснюють різними способами: у газових або електричних печах із захисною атмосферою, у соляних ваннах, струмами високої частоти. З них найпоширенішим в інструментальній промисловості є нагрівання в соляних ваннах.

Широке застосування розплавлених солей при загартуванні інструмента обумовлене наступними перевагами нагрівання в рідких середовищах у порівнянні з нагріванням у печах:

а) рідке середовище забезпечує однакову інтенсивність нагрівання з усіх боків, одержання однорідної структури й властивостей і зменшує величину гартівної деформації інструмента;

б) у рідкому середовищі легко здійснюється місцеве нагрівання робочої частини кінцівки інструмента на необхідну довжину й одержання на даній ділянці заданої високої твердості при збереженні більш низької твердості на сусідніх ділянках, наприклад на напрямній або хвостовій частині інструмента;

в) кінцівки інструменту можна поміщати в розплавлену сіль у вертикальному положенні на необхідну довжину, що дозволяє зменшити викривлення цих інструментів щодо осі;

г) рідке середовище, захищаючи інструмент від безпосереднього впливу кисню повітря, перешкоджає окисненню його поверхні в процесі нагрівання;

д) у момент переносу загартованого інструмента в охолодне середовище на його поверхні зберігається тонка плівка застиглої солі, яка захищає інструмент від інтенсивного окиснення в процесі охолодження.

Завдяки високому коефіцієнту тепловіддачі нагрівання інструмента в розплавлених солях відбувається з великою швидкістю. Щоб забезпечити рівномірний прогрів по перетину, зменшити внутрішні напруження й деформацію й знизити небезпеку утвору тріщин, нагрівання різального інструменту роблять східчасто, використовуючи для цієї мети різні за складом середовища. Число щаблів попереднього підігріву й температуру кожного щабля вибирають залежно від хімічного складу сталі й габаритних розмірів інструмента. Для інструмента зі швидкорізальної сталі частіше використовують двох- і тріступінчастий підігрів.

Перший підігрів при загартуванні інструмента зі швидкорізальної сталі проводять при 400-500°C, другий підігрів – при 800-850°C у соляній ванні, що містить хлористий барій і натрій. Остаточний підігрів роблять при температурі 1050-1300°C у розплаві тільки хлористого барію. Це обумовлено необхідністю не затягати у ванну остаточного нагрівання хлористий натрій, який викликає велике димоутворення й заважає правильному виміру й регулюванню температури.

Охолодним середовищем при загартуванні найчастіше є масло, застосовують загартування й у розплаві солей, що мають температуру 500-560°C.

Вибір режиму відпуску різального інструменту визначається хімічним складом сталі, з якої він виготовлений, його призначенням і необхідною

твердістю. Відпуск інструмента зі швидкорізальної сталі повинна забезпечити можливо більш повне перетворення залишкового аустеніту, що досягається застосуванням багаторазової відпуску з охолодженням до 20-40°C. Температура відпуску, тривалість і число відпусток визначаються хімічним складом сталі й обраними умовами проведення цієї операції.

Відпуск викликає перетворення залишкового аустеніту в мартенсит і дисперсійне твердіння в результаті часткового розпаду мартенситу й виділення дисперсних карбідів. Це супроводжується збільшенням твердості (вторинна твердість). У процесі витримки при відпустці з аустеніту виділяються карбіди, що зменшує його легованість. При наступному охолодженні збіднений легуючими елементами аустеніт перетерплює вторинне мартенситне перетворення (при температурах нижче 150°C). У процесі однократної відпуску тільки частина залишкового аустеніту перетворюється в мартенсит. Щоб увесь залишковий аустеніт перейшов у мартенсит і відбулася відпуск мартенситу, що знову утворювався, застосовують багаторазовий (частіше трикратний) відпуск при температурі 550-570 С.

Додаткова термообробка для хвостової частини різця не потрібна, тому що вона відбувається в ході припаювання хвостовика до робочої частини.

Загартування різців зі сталі Р18 проводиться в агрегаті з печами СНЗ, печами-ваннами СВС-, відпуск – у відпускному агрегаті з печами-ваннами СВС-. тривалість перебування виробів у печі визначається як:

$$\tau_{об} = \tau_{н} + \tau_{в} + \tau_{ох}$$

Час нагрівання розраховують по формулі:

$$\tau_{н} = S \cdot k \cdot f \cdot L_{л}$$

де S – характеристичний розмір виробу, мм (25/2=12,5 мм);

до – коефіцієнт форми (визначається по довідникові) (1);

f – коефіцієнт розташування виробів у нагрівальному пристрої, який впливає на час нагрівання (1,4);

$L_{\text{д}}$ – коефіцієнт легування стали, (0,45) хв/мм.

час нагрівання (хв) у соляних ваннах визначається по формулі

$$\tau_{\text{н}} = K_1(V/F)K_{\text{ф}}K_{\text{и}},$$

де DO_1 – емпіричний коефіцієнт, що залежить від матеріалу виробів і умов нагрівання (=5,4);

(V/F) – характеристичний розмір, який для різця буде рівний

$$\frac{DH}{4H + 2D} = \frac{2,5 \cdot 16,5}{4 \cdot 16,5 + 2 \cdot 2,5} = 0,58,$$

$K_{\text{ф}}$ – критерій форми (=1); $K_{\text{и}}$ – коефіцієнт изрезанности (=0,75),

Загартування. час нагрівання до температури загартування 1190-1210°C становить:

$$\tau_{\text{н.}} = 5,4 \cdot 0,58 \cdot 1 \cdot 0,75 = 2,4 \text{ хв.}$$

час нагрівання до температури першої витримки ухвалюємо:

$$\tau_1 = 4 \cdot \tau_{\text{н}} = 4 \cdot 2,4 = 9,6 \text{ хв.}$$

час нагрівання до температури другої витримки ухвалюємо:

$$\tau_2 = 2 \cdot \tau_{\text{н}} = 2 \cdot 2,4 = 4,8 \text{ хв.}$$

Час першої витримки становить $\tau=25$ хв, час другої витримки становить $\tau=11$ хв, час витримки при температурі загартування – $\tau=1,3$ хв [8]. Час завантаження – вивантаження становить 2 хв

Час охолодження визначається по формулі:

$$\tau_{\text{ох}} = (t_{\text{ин}} - t_{\text{ик}}) / v_{\text{ох}},$$

де $t_{\text{ин}}$ – температура, від якої починається охолодження виробів;

$t_{\text{ик}}$ – кінцева температура охолодження

$v_{\text{ох}}$ – задана для матеріалу виробів швидкість охолодження, $^{\circ}\text{C}/\text{с}$

Час охолодження до 500°C :

$$\tau_{\text{ох}} = (1210 - 500) / 100 = 7,1 \text{ з} = 0,1 \text{ хв}$$

витримка при 500°C становить 15 хв

Таким чином, тривалість перебування виробу в агрегаті становить:

$$\tau_0 = 2,4 + 9,6 + 4,8 + 25 + 11 + 1,3 + 2 + 0,1 + 15 = 71,2 \text{ хв}$$

Відпуск. Час нагрівання до температури відпуску становить:

$$\tau_{\text{н.}} = 10,3 \cdot 0,58 \cdot 1 \cdot 0,75 = 4,5 \text{ хв.}$$

час витримки становить 2 години

$$\tau_{\text{ох}} = (550 - 20) / 5 = 16 \text{ хв}$$

$$\tau_0 = 4,5 + 120 + 16 = 140,5 \text{ хв}$$

графік термічної обробки представлений на рис. 3.1. Технологія термічної обробки представлена в табл. 3.3.

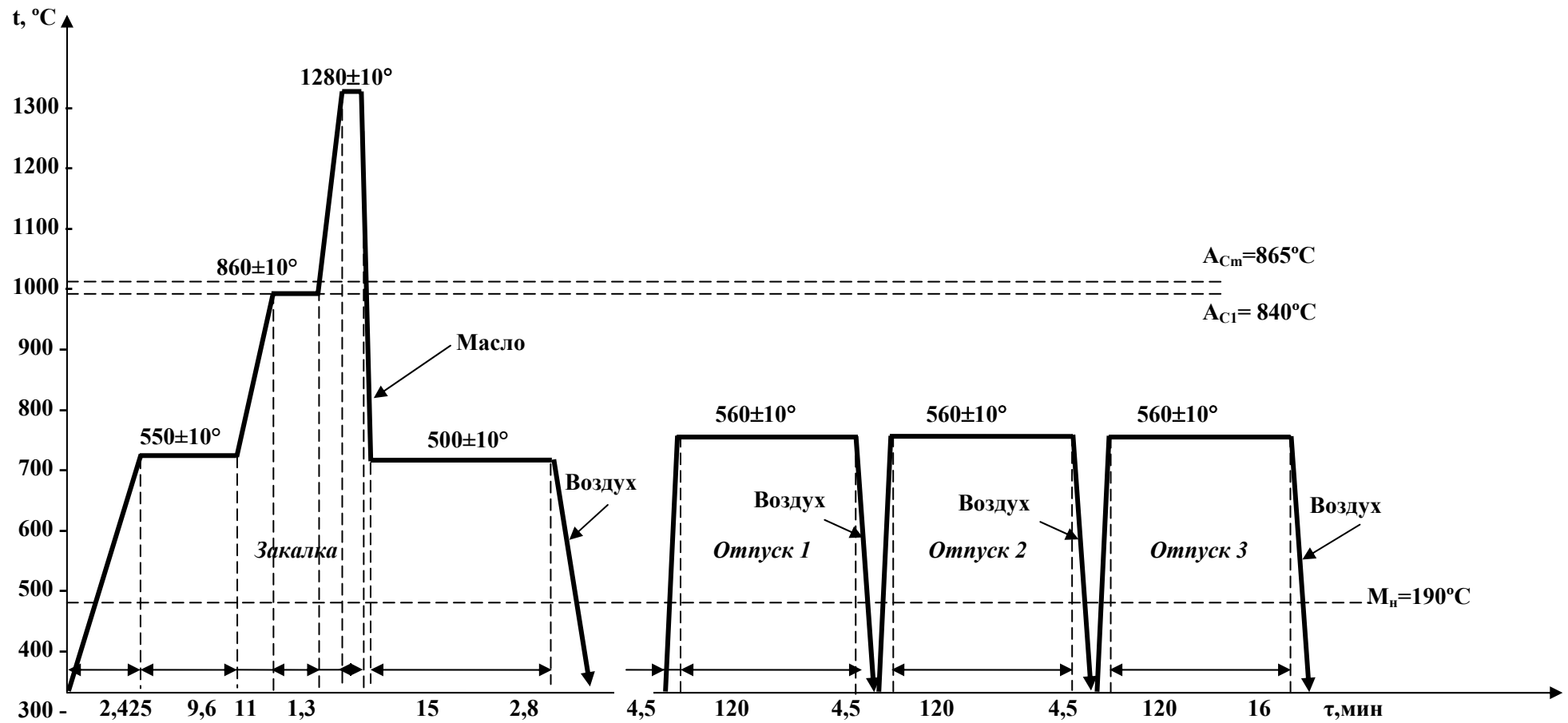
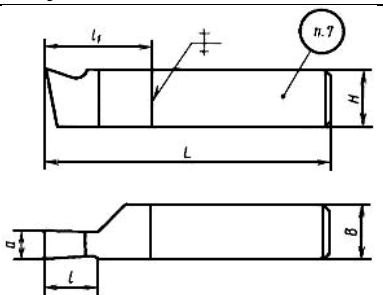


Рисунок 3.1 – ГРАФІК термічної обробки різця зі сталі P18

Таблиця 3.3 – Карта технологічного процесу термічної обробки різця зі сталі P18

Ескіз виробу			Технічні вимоги			
			Матеріал		Твердість	Мікроструктура
			P18 – робоча частина 40X - хвостова частина		62-65 HRC- робоча частина 290-310 HB- хвостова частина	Мартенсит отпущенний, карбіди, Аустеніт залишковий. Сорбіт хвост. частина
№ опе рац ії	Найменування операції	Устаткування	Режим нагрівання: температура, (°C, тривалість,- середовище	Режим охолодження: середовище, температура °C, тривалість	Найменування пристосувань, кількість пристосувань, кількість деталей на пристосуванні	Умови контролю
1	2	3	4	5	6	7
1	Вхідний контроль	Штангенциркуль, Стилоскоп Твердомір				Хим. склад –1 зразок; якість поверхні – усі прутки; твердість у стані постачання- не менш 5 прутків

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	6	7
2	Загартування					
2.1	1 підігрів					
	Нагрівання	Електрична камерна піч СНЗ	500±10°C $\tau_{\text{H}} = 2,4 \text{ хв}$		Кошик	Температура, час
	Витримка		500±10°C $\tau_{\text{B}} = 25 \text{ хв}$		Кошик	Температура, час
2.2	2 підігрів					
	Нагрівання	Піч-Ванна СВС	860±10°C $\tau_{\text{H}} = 9,6 \text{ хв}$ 50%BaCl ₂ +50%NaCl +0,5% MgF ₂ (розкислювач)		Кошик	Температура, час
	Витримка		860±10°C $\tau_{\text{B}} = 11 \text{ хв}$ 50%BaCl ₂ +50%NaCl +0,5% MgF ₂		Кошик	Температура, час
2.3	Остаточне нагрівання					

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	6	7
	Нагрівання	Піч-Ванна СВС-	1280°±10°C $\tau_{\text{H}} = 4,8$ хв 97%BaCl ₂ +3%MgF ₂		Кошик	Температура, час
	Витримка		1280°±10°C $\tau_{\text{B}} = 1,3$ хв 97%BaCl ₂ +3%MgF ₂		Кошик	Температура, час
2.4	Охолодження			$\tau_{\text{ox}} = 0,1$ хв 500°C,	Кошик	
	Охолодження	Гартівний бак		Масло $\tau_{\text{B}} = 15$ хв Потім повітря	Кошик	Температура, час
3	Промивання	Мийна машина	70-90°C пара	10% содовий розчин	Кошик	
4	Контроль	Індикатор годинного типу ИЧО-2-0,01 Мікроскоп ММУ-3				Контроль кривизни виробу, структура

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	6	7
5	Виправлення	Прес ручний рихтувальний Д-371			Пристосування для рихтування	Щуп і центру
6	Відпуск 1					
6.1	Нагрівання	Піч-Ванна СВС	560°±10°C $\tau_{\text{н}} = 4,5$ хв 30%BaCl ₂ +20%NaCl +50%CaCl ₂		Кошик	Температура, час
6.2	Витримка		560°±10°C $\tau_{\text{в}} = 120$ хв 30%BaCl ₂ +20%NaCl +50%CaCl ₂		Кошик	Температура, час
6.3	Охолодження			Повітря $\tau_{\text{ох}} = 0,4$ хв	Столик, пристосування 72 шт	
7	Відпуск 2					
7.1	Нагрівання	Піч-Ванна СВС	560 °±10°C $\tau_{\text{н}} = 4,5$ хв 30%BaCl ₂ +20%NaCl +50%CaCl ₂		Кошик	Температура, час

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	6	7
7.2	Витримка	Піч-Ванна СВС	560 °±10°C $\tau_{\text{в}} = 120$ хв 30%BaCl ₂ +20%NaCl +50%CaCl ₂		Кошик	Температура, час
7.3	Охолодження			Повітря $\tau_{\text{ох}} = 16$ хв	Столик, пристосування 72 шт	
8	Відпуск 3					
8.1	Нагрівання	Піч-Ванна СВС	560 °±10°C $\tau_{\text{н}} = 4,5$ хв 30%BaCl ₂ +20%NaCl +50%CaCl ₂		Кошик	Температура, час
8.2	Витримка		560 °±10°C $\tau_{\text{в}} = 120$ хв 30%BaCl ₂ +20%NaCl +50%CaCl ₂		Кошик	Температура, час
8.3	Охолодження			Повітря $\tau_{\text{ох}} = 0,4$ хв	Столик, пристосування 72 шт	

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	6	7
9	Зачищення (виготовлення шліфів)	Пневматична машина ИП 2018-B1				Мікроскоп
10	Контроль	Мікроскоп ММУ-3				100% контроль мікроструктури
11	Гидропіско- струмінне очищення	Гидропіско- Струмінна камера B5871-1226	Час 15-30 хв			Кварцовий пісок або Al_2O_3 400г/л Nano ₂ 1% Na ₂ CO ₃ 0,5-0,6% Тиск 0,5-0,6 Мпа
12	Зачищення	Верстат плоскошлифо- вальний				
13	Контроль	Твердомер ТК-2 Мікроскоп ММУ-3				Зовнішній виг- ляд, твердість 67-69 HRC, жолоблення Аустеніт залишковий

3.1.3 Вибір і розрахунки кількості обладнання

Вихідними даними для розрахунків кількості встаткування є річна виробнича програма, режим роботи термічного відділення, річний фонд часу роботи встаткування, режим термообробки виробів, карти технологічних процесів термообробки.

Річна виробнича програма представлено в таблиці 3.4.

Режим роботи термічної ділянки одне, двох і трьохзмінний із зупинкою на вихідні й святкові дні.

Дійсний фонд часу роботи встаткування (Φ_d) звичайно менше (Φ_k).

Для безперервного графіка роботи встаткування дійсний фонд часу роботи встаткування:

$$\Phi_d = [365 - (D_{\text{вих}} + D_{\text{святк}})] \cdot C \cdot t \cdot K_{\text{вик}},$$

де $D_{\text{вих}}$ – кількість вихідних днів у році (суботи й неділі – 105);

$D_{\text{святк}}$ – кількість святкових, неробочих днів – 10;

C – кількість змін у добу;

t – середня тривалість однієї зміни – 8;

$K_{\text{вик}}$ – коефіцієнт використання встаткування (0,90...0,94).

Дійсний фонд часу роботи встаткування Φ_d залежить від прийнятого режиму роботи, тривалості зміни, витрат часу.

Для однієї зміни: $\Phi_d = 251 \cdot 0,92 \cdot 8 = 1847,36$

Для двох змін: $\Phi_d = 251 \cdot 0,92 \cdot 8 \cdot 2 = 3694,72$

Для трьох змін $\Phi_d = 251 \cdot 0,92 \cdot 8 \cdot 3 = 5542,08$

Розрахунки кількості встаткування проводиться по завантажувальних відомостях. Завантажувальні відомості на встаткування представлені в табл. 3.5- 3.12.

Таблиця 3.5 – Річна виробнича програма

Найменування виробу	Матеріал	Маса 1 шт. кг	Габаритні розміри, мм	Виробнича програма	
				шт	кг
1	2	3	4	5	6
Фреза радіусна	P9	1,300	52x180x68xØ25	4000	5200
Фреза	P9	0,540	60x80xØ25	10000	5400
Фреза	P9	0,550	73x87xØ22	10000	5500
Різець канавковий	P18	0,5	16x25xØ25	5000	2500
Протяжка	P18	4,5	120x80xØ60	5000	22500
Зенкер	P18	4,5	120x80xØ60	5000	22500
Фреза для гребенця	P6M5 K5	0,580	90xØ27	10000	5800
Протяжка	P6M5 K5	3,700	100x80xØ60	10000	37000
Розгортка	P6M5 K5	1,900	200x50xØ25	10000	19000
Розгортка	P6M5 K5	3,860	200x80xØ31	10000	38600
Розгортка	P6M5 K5	7,200	578x200xØ80	5000	36000
Усього					200000

Таблиця 3.6 –Завантажувальна відомість для виробів зі швидкорізальних сталей

Операція – загартування, 1 підігрів

Устаткування – СНЗ 5.10.3,2/7

Найменування виробу	Матеріал	Річна програма $Q_{\text{год}}$		Маса 1 шт, кг	Місткість садки P_c		Кіл. кіш у рік, кг, M_c	ТРИВАЛІСТЬ нагрівання однієї садки $t_{\text{обл}}$, година	Необх. час раб печі t_z , година
		шт	кг		шт	кг			
Фреза радіусна	P9	4000	5200	1,3	64	83,20	62,50	0,94	58,77
Фреза	P9	10000	5400	0,54	150	81,00	66,67	0,90	59,89
Фреза	P9	10000	5500	0,55	150	82,50	66,67	0,97	64,44
Різець канавковий	P18	5000	2500	0,5	160	80,00	31,25	1,00	31,35
Протяжка	P18	5000	22500	4,5	16	72,00	312,50	1,00	313,54
Зенкер	P18	5000	22500	4,5	16	72,00	312,50	1,00	313,54
Фреза для гребенця	P6M5K5	10000	5800	0,58	120	69,60	83,33	0,73	60,86
Протятяжка	P6M5K5	10000	37000	3,7	24	88,80	416,67	1,00	418,06
Розгортка	P6M5K5	10000	19000	1,9	40	76,00	250,00	0,85	211,46
Розгортка	P6M5K5	10000	38600	3,86	20	77,20	500,00	1,00	501,67
Розгортка	P6M5K5	5000	36000	7,2	12	86,40	416,67	1,63	680,56
			200000						2714,13

Розраховуємо кількість одиниць устаткування, шт:

$$P_p = \frac{T_{\text{обл}}}{\Phi_d}, \text{ де } P_p - \text{розрахункова кількість устаткування, шт,}$$

Φ_d – дійсний фонд часу, год;

$$P_p = \frac{2714,13}{3694,72} = 0,73 \text{ шт},$$

$P_{пр}$ – прийнята кількість устаткування, шт. $P_{пр} = 1$,

K_3 – коефіцієнт завантаження встаткування:

$$K_3 = \frac{P_p}{P_{пр}} = \frac{0,73}{1} = 0,73$$

Таблиця 3.7 –Завантажувальна відомість для виробів зі швидкорізальних сталей

Операція – загартування, 2 підігрів

Устаткування –СВС-3,6.3,2.1,6/9

Найменування виробу	Матеріал	Річна програма $Q_{год}$		Маса 1 шт, кг	Місткість садки P_c		Кіл. кіш у рік, кг, M_c	Тривалість нагрівання однієї садки $t_{обш}$, година	Необх. час раб печі t_3 , година
		шт	кг		шт	кг			
Фреза радіусна	P9	4000	5200	1,3	8	10,40	500,00	0,26	131,25
Фреза	P9	10000	5400	0,54	12	6,48	833,33	0,26	218,75
Фреза	P9	10000	5500	0,55	12	6,60	833,33	0,25	210,83
Різець канавковий	P18	5000	2500	0,5	20	10,00	250,00	0,26	65,63
Протятяжка	P18	5000	22500	4,5	2	9,00	2500,00	0,28	695,83
Зенкер	P18	5000	22500	4,5	2	9,00	2500,00	0,28	695,83
Фреза для гребенця	P6M5K5	10000	5800	0,58	16	9,28	625,00	0,23	142,29
Протятяжка	P6M5K5	10000	37000	3,7	3	11,10	3333,33	0,28	927,78
Розгортка	P6M5K5	10000	19000	1,9	5	9,50	2000,00	0,26	525,00
Розгортка	P6M5K5	10000	38600	3,86	3	11,58	3333,33	0,28	938,33
Розгортка	P6M5K5	5000	36000	7,2	1	7,20	5000,00	0,25	1233,33
			200000						5784,86

Розраховуємо кількість одиниць устаткування, шт:

$$P_p = \frac{5784,86}{3694,72} = 1,57 \text{ шт},$$

$$P_{пр} = 2 \text{ шт}, \quad K_3 = \frac{P_p}{P_{пр}} = \frac{1,57}{2} = 0,78$$

Таблиця 3.9 –Завантажувальна відомість для виробів зі швидкорізальних сталей

Операція – загартування, 3 підігрів

Устаткування –СВС-3,6.3,2.1,6/12

Найменування виробу	Матеріал	Річна програма $Q_{год}$		Маса 1шт, кг	Місткість садки P_c		Кіл. кіш у рік, кг, M_c	Тривалість нагрівання однієї садки $t_{обл}$, година	Необх. час раб печіт., година
		шт	кг		шт	кг			
Фреза радіусна	P9	4000	5200	1,3	8	10,40	500,00	0,10	50,42
Фреза	P9	10000	5400	0,54	12	6,48	833,33	0,10	84,03
Фреза	P9	10000	5500	0,55	12	6,60	833,33	0,09	76,11
Різець канавковий	P18	5000	2500	0,5	20	10,00	250,00	0,10	25,21
Протятяжка	P18	5000	22500	4,5	2	9,00	2500,00	0,12	291,67
Зенкер	P18	5000	22500	4,5	2	9,00	2500,00	0,12	291,67
Фреза для гребенця	P6M5K5	10000	5800	0,58	16	9,28	625,00	0,07	41,25
Протятяжка	P6M5K5	10000	37000	3,7	3	11,10	3333,33	0,12	388,89
Розгортка	P6M5K5	10000	19000	1,9	5	9,50	2000,00	0,10	201,67
Розгортка	P6M5K5	10000	38600	3,86	3	11,58	3333,33	0,12	399,44
Розгортка	P6M5K5	5000	36000	7,2	1	7,20	5000,00	0,09	425,00
			200000						2275,35

Розраховуємо кількість одиниць устаткування, шт:

$$P_p = \frac{2275,35}{3694,72} = 0,62 \text{ шт,}$$

$$P_{\text{пр}} = 1 \text{ шт}$$

$$K_3 = \frac{P_p}{P_{\text{пр}}} = \frac{0,62}{1} = 0,62$$

Таблиця 3.10 –Завантажувальна відомість для виробів зі швидкорізальних сталей

Операція – охолодження при загартуванні.

Устаткування –СВС-3,6.3,2.1,6/7

Найменування виробу	Матеріал	Річна програма $Q_{\text{год}}$		Маса 1шт, кг	Місткість садки P_c		Кіл. кіш у рік, кг, M_c	Тривалість нагрівання однієї садки $t_{\text{обш}}$, година	Необх. час раб печі t_3 , година
		шт	кг		шт	кг			
Фреза радіусна	P9	4000	5200	1,3	8	10,40	500,00	0,25	125,00
Фреза	P9	10000	5400	0,54	12	6,48	833,33	0,25	208,33
Фреза	P9	10000	5500	0,55	12	6,60	833,33	0,25	208,33
Різець канавковий	P18	5000	2500	0,5	20	10,00	250,00	0,25	62,50
Протяжка	P18	5000	22500	4,5	2	9,00	2500,00	0,25	625,00
Зенкер	P18	5000	22500	4,5	2	9,00	2500,00	0,25	625,00
Фреза для гребенця	P6M5K5	10000	5800	0,58	16	9,28	625,00	0,25	156,25
Протяжка	P6M5K5	10000	37000	3,7	3	11,10	3333,33	0,25	833,33
Розгортка	P6M5K5	10000	19000	1,9	5	9,50	2000,00	0,25	500,00
Розгортка	P6M5K5	10000	38600	3,86	3	11,58	3333,33	0,25	833,33
Розгортка	P6M5K5	5000	36000	7,2	1	7,20	5000,00	0,25	1250,00
			200000						5427,08

Розраховуємо кількість одиниць устаткування, шт:

$$P_p = \frac{5427,08}{3694,72} = 1,47 \text{ шт},$$

$$P_{\text{пр}} = 2 \text{ шт}$$

$$K_3 = \frac{P_p}{P_{\text{пр}}} = \frac{1,47}{2} = 0,73$$

Таблиця 3.11 –Завантажувальна відомість для виробів зі швидкорізальних сталей

Операція – відпуск 1, 2, 3.

Устаткування – СНО-5.10.3,2/7

Найменування виробу	Матеріал	Річна програма $Q_{\text{год}}$		Маса 1шт, кг	Місткість садки P_c		Кіл. кіш у рік, кг, M_c	Тривалість нагрівання однієї садки $t_{\text{обл}}$, година	Необх. час раб печі, година
		шт	кг		шт	кг			
Фреза радіусна	P9	4000	5200	1,3	64	83,20	62,50	2,26	141,41
Фреза	P9	10000	5400	0,54	150	81,00	66,67	2,32	278,25
Фреза	P9	10000	5500	0,55	150	82,50	66,67	2,38	294,23
Різець канавковий	P18	5000	2500	0,5	160	80,00	31,25	2,13	129,17
Протятяжка	P18	5000	22500	4,5	16	72,00	312,50	2,42	151,25
Зенкер	P18	5000	22500	4,5	16	72,00	312,50	2,42	168,06
Фреза для гребенця	P6M5K5	10000	5800	0,58	120	69,60	83,33	2,14	297,47
Протятяжка	P6M5K5	10000	37000	3,7	24	88,80	416,67	2,42	347,70
Розгортка	P6M5K5	10000	19000	1,9	40	76,00	250,00	2,26	254,79
Розгортка	P6M5K5	10000	38600	3,86	20	77,20	500,00	2,42	318,42
Розгортка	P6M5K5	5000	36000	7,2	12	86,40	416,67	3,05	197,54
			200000						2578,26

Розраховуємо кількість одиниць устаткування, шт:

$$P_p = \frac{T_{об}}{\Phi_d}, \text{ де } P_p - \text{розрахункова кількість устаткування, шт,}$$

$$P_p = \frac{2578,26}{3694,72} = 0,70 \text{ шт, } P_{пр} = 1, K_3 = \frac{P_p}{P_{пр}} = \frac{0,70}{1} = 0,70$$

Таким чином, для відпуску використовується $3 \times 1 = 3$ печі.

Таблиця 3.12 – Зведена відомість устаткування

№ п/п	Устаткування	Технологічна операція	Річний випуск виробів, шт. (кг)	Середня продуктивність,	Кількість устаткуван ня шт		Коефіцієнт завантаження, K_3
					P_p	$P_{пр}$	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	СНЗ-5.10.3,2/7	Загартування, 1 підігрів	200000	100	0,73	1	0,73
2	СВС-3,6.3,2.1,6/9	Загартування, 2 підігрів	200000	160	1,56	2	0,78
3	СВС-3,6.3,2.1,6/13	Загартування, 3 підігрів	200000	300	0,62	1	0,62
4	СВС-3,6.3,2.1,6/7	Загартування, охолодження	200000	100	1,47	2	0,73
5	СНО-5.10.3,2/7	Відпуск	200000	110	0,7	3	0,7
11	Мийна машина ММК-400	Промивання виробів	275000			2	
12	Гідропіскострумін на камера	Очищення виробів				1	

Продовження табл. 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8
13	Верстат наждачно-шліфувальний	Зачищення виробів				2	
14	Верстат полірувальний	ДЛЯ виготовлення мікрошліфів				1	
15	Мікроскоп ММУ-3	Контроль мікроструктури				2	
16	Твердомір ТК-2	Контроль твердості				2	
17	Кран-балка					2	
	Усього					21	

3.1.4 Технічний контроль, попередження й виправлення браку

Нижче представлені основні параметри, які підлягають обов'язковому контролю в процесі термічної обробки.

Контроль температури повинен забезпечувати суворе дотримання режимів термічної обробки інструментів; для цього соляні ванни й печі оснащені стаціонарними приладами для автоматичного регулювання й запису температури. Для щоденної перевірки стаціонарних приладів використовуються платино-родієві або хромель-алюмельові термопари, протарірованіза еталонами , у якості вторинного приладу використовуються контрольні переносні потенціометри.

Витримка при остаточному нагріванні під загартування встановлюється по реле часу. На інших позиціях витримки дотримуються автоматично по заданій програмі.

Знеуглецювальна активність соляних ванн контролюється не рідше 1 разу в добу методом фольги з наступним визначенням вуглецю хімічним аналізом.

Відсутність знеуглецьованого шару визначається не рідше 1 разу в добу на зразках-свідках. Наявність його крім зниження твердості може викликати утворення тріщин.

Контроль розміру аустенітного зерна проводиться для кожної плавки на зразках-свідках з метою вибору оптимальної температури загартування (вхідний контроль).

Якість загартування й відпуску контролюється виміром твердості, а якість відпуску інструментів зі швидкорізальних сталей додатково перевіряється магнітним методом.

Теплостійкість (червоностійкість) швидкорізальної сталі можна оцінювати температурою після 4-годинного нагрівання, після якого сталь зберігає твердість не нижче 58 HRC (попередньо зразки гартують і відпускають по рекомендованому для даної марки сталі оптимальному режиму).

Більш поширена методика визначення теплостійкості (червоностійкості) по твердості, що зберігається після 4-годинного нагрівання при 620°. Відхилення від прямолінійності перевіряється в декількох точках по довжині й по площинах інструментів, що мають велике відношення довжини до діаметра або товщини: якщо буде потреба воно усувається виправленням.

Контроль твердості, як правило, проводиться для всіх 100% оброблених виробів. Випробування твердості здійснюється на приладі Роквелла, за винятком простих різців і деяких інструментів, що мають незручну для випробування на приладі Роквелла форму, які ухвалюються на

напилком. У різьбового інструмента різблення досить обережно перевіряється також дрібним напилком (типу надфіля) і, якщо можливо, на суміжній з різбленням поверхні додатково по Роквеллу.

Зовнішній огляд обов'язковий для всіх 100% інструментів. Точно також проводиться 100%-вий контроль кривизни, або як часто її називають, жолоблення, биття й т.п., для осьових інструментів – розгорнень, свердлів, протягань і т.д. Цей вид контролю проводиться після контролю на твердість і операції виправлення. Допуски на кривизну визначаються по креслярських і технологічних розмірах, тобто по остаточних розмірах після шліфування й припускам на шліфування.

Контроль кривизни здійснюється в центрах за допомогою індикатору. Кривизна деталі на сторону не повинна бути більше, ніж половина припуску на шліфування, інакше після шліфування на деталі залишиться чорність, тобто неопрацьована поверхня.

Плоскі деталі контролюються на гладкій шліфованій плиті за допомогою щупа. Величина зазору між плитою й деталлю залежить від подальших технологічних операцій.

Контроль мікроструктури за допомогою мікроскопа дає можливість оцінити правильність установленної технології термічної обробки стали, а також судити про його механічні властивості. [1]

Основною умовою запобігання браку при термообробці є суворе дотримання технологічного процесу, яке повинно установлюватися на підставі довідникових і літературних даних. Види браку, причини й способи попередження представлені в табл.3.13.

Таблиця 3.13 – Класифікація браку при термічній обробці різального інструменту

Вид дефекту	Причина виникнення дефекту	Методи запобігання появи дефекту	Заходу щодо усунення дефектів
1	2	3	4
При загартуванні			
Оплавлення інструментів	Нагрівання вище температури плавлення сталі; Зіткнення інструмента з одним з електродів; Відпал при підвищеній температурі або нагрівання в інтенсивно науглецювальному середовищі перед повторним загартуванням	Контроль над температурою загартування; Правильна установка інструментів з ванні; Відпал в умовах, що виключають науглецювання	Непоправний ви ддефекту
Перегрів при загартуванні	Завищена температура й надмірно	Контроль над температурою загартування й	Звичайний відпал і загартування

Продовження табл.3.13

1	2	3	4
	тривалі витримки	часом витримки	від рекомендованої температури.
Знижена теплостійкість	Недостатнє насичення твердого розчину вуглецем і легуючими елементами через знижену температуру загартування або недостатній витримці при нагріванні.	Дотримання технологічного процесу	Непоправний дефект
Деформація (жолоблення) інструментів	Неправильне завантаження виробів	Нагрівання й наступне охолодження треба робити у вертикальному положенні	Виправлення з підігрівом (температура підігріву повинна перевищувати необхідну температуру від пуску)
Тріщини	Загартування проведене без підігріву. Недостатня витримка при підігрівах. Тривалий розрив між загартуванням і відпусткою	Дотримання режимів підігріву Мінімальний час між загартуванням і відпусткою	Непоправний дефект
Знеуглецьований шар	Нагрівання під загартування в недостатньо розкислювальній ванні	Правильний вибір ректифікаторів Регулярне очищення соляних ванн	Непоправний дефект, але якщо дозволяє припуск на механічну обробку, знеуглецьований шар видалити шліф

Продовження табл. 3.13

1	2	3	4
Роз'їдання або корозія	Недостатньо ретельне очищення соляних ванн від залишків феросиліцію; при охолодженні в забруднених розплавах селітри.	Регулярне очищення соляних ванн	Окалинувидальють травленням у розчині сірчані кислоти очищенням в дробеструминних установках
Знижена твердість після загартування	Недогрів або вповільнене охолодження. Забруднення охолодних ванн	Дотримання технологічного процесу	Провести відпал, а потім повторне загартування.
При відпустці			
Знижена твердість	Завищена температура відпуску Завищений час витримки	Контроль і регулювання температури, дотримання технологічного часу	Проведення повторної ТО за раціональною технологією
Крихкість	Знижена температура відпуску Недостатній час витримки	Контроль і регулювання температури, дотримання технологічного часу	Відпуск при нормальній температурі з достатньою витримкою
Підвищена кількість залишкового аустеніту	Знижена температура відпуску, скорочення тривалості відпуску або числа відпусток, неповне охолодження між відпусками	Контроль і регулювання температури, дотримання технологічного часу	Відпуск при нормальній температурі з достатньою витримкою
Роз'їдання поверхні	Погане промивання після загартування	Промивання після загартування	Очищення в дробеструминних установках
Викривлення інструментів	Безладне завантаження в кошиках	Нагрівання треба робити у вертикальному положенні	Виправлення з підігрівом

3.2 Перспективи виробництва порошкових швидкорізальних сталей на заводі «Дніпроспецсталь»

Основними інструментальними матеріалами для різальних інструмент є тверді сплави (ТС) і швидкорізальні сталі (БС). Тому що ріжуча крайка інструмента випробовує значні питомі тиски (до 4000 МПа) і сильно розігрівається при різанні, інструментальний матеріал повинен мати високу твердість, міцність і в'язкість не тільки при кімнатної, але й при підвищеній температурі, тобто бути теплостійким. У ТС теплостійкість (800–1000 °С) значно вище, чим у БС (600–650 °С), тому інструмент із ТС здатний працювати при більш високих швидкостях різання. По можливості, машинобудівники прагнуть застосовувати інструмент із ТС для підвищення продуктивності металообробки. Однак міцність і особливо в'язкість ТС значно нижче, чим у БС, тому в умовах підвищеної вібрації й при ударних навантаженнях доводиться застосовувати інструмент із БС. Крім того, слід ураховувати виняткову дефіцитність вольфраму, карбід якого є основою більшості ТС. Це обмежує можливість подальшого нарощування виробництва інструментів із ТС.

В 1970-х роках за рубежом, у США й Швеції, було створене виробництво порошкових швидкорізальних сталей (ПБС). Порошки цих сталей роблять способом розпилення металевого розплаву при надвисокій швидкості охолодження (104–105 °С/с). Для порівняння відзначимо, що швидкість охолодження виливків не перевищує 1 °С/с. Надвисокі швидкості охолодження забезпечують різке здрібнювання структури металу, усунення хімічної макронеоднорідності й можливість значного підвищення ступені легування сталі. ПБС мають дисперсну структуру й більш високі фізико-механічні й функціональні властивості в порівнянні зі стандартними БС.

У літературі є відомості про винятково високу стійкість різальних інструментів із ПБС із підвищеним рівнем легування. В окремих випадках

інструмент із таких ПБС навіть перевершує по стійкості аналогічний інструмент із ТС [1].

На початку 1980-х років було створене виробництво ПБС на заводі «Дніпроспецсталь» з використанням шведського встаткування й технології, а саме процесу газового розпилення рідкої сталі й гарячого ізостатичного пресування великих порошкових заготовок у капсулах. Після пресування порошкові заготовки перековують на прутки необхідного розміру [2]. Фахівці інституту «УкрНДІспецсталь» розробили вітчизняні марки ПБС і ГОСТ 28393-89 на прутки й смуги зі швидкорізальної сталі, отриманої методами порошкової металургії. Основні види продукції: прутки круглого перетину діаметром від 2 до 150 мм; квадратного перетину зі стороною квадрата від 12 до 150 мм і смуги товщиною від 6 до 10 мм і шириною від 25 до 250 мм. Хімічний склад вітчизняних марок ПБС наведений у табл. 3.14.

Аналіз хімічних складів вітчизняних марок ПБС показує, що вони не відрізняються від складу стандартних БС. Виключення — марка Р7М2Ф 6-МП із підвищеним вмістом ванадію, у якої немає стандартного аналога. Важливо відзначити, що за рівнем легування вітчизняні ПБС поступаються високолегованим закордонним сталям. Наприклад, максимальний вміст легуючих елементів у сталі Р12М3К5Ф 2-МП — 28,75 %, тоді як ПБС марка Vanadis 60 (Швеція) містить 37 % легуючих елементів. При цьому в сталі Р12М3К5Ф 2-МП міститься 1,15 % вуглецю й 2,00 % ванадію, а в сталі Vanadis 60 — 2,30 % вуглецю й 6,50 % ванадію.

Відомо, що карбідна фаза за участю ванадію надає особливо високу зносостійкість інструментальним сталям. Досвід роботи з інструментом показав, що стійкість інструмента з порошкової сталі в 1,5-2, 0 рази вище, чим у стандартного, при однаковому хімічному складі стандартної й порошкової сталі. Через порівняно невелике підвищення стійкості інструмента й значного збільшення ціни ПБС (в 2- 3 рази в порівнянні зі стандартними БС) немає необхідного економічного стимулу для широкого впровадження інструмента з порошкової сталі в нашій країні. Відомо, що до

70% дрібних різальних інструмент виходять із ладу не через рівномірне зношування, а через поломки й викришування ріжучої крайки [3]. Очевидно, що для підвищення стійкості дрібного інструмента треба насамперед підвищити міцність інструментального матеріалу.

Таблиця 3.14 - Хімічний склад ПБС за ГОСТ 28393-89, % мас

Марка сталі	C	Cr		Mo	V	З	Сума легуючих елементів
P6M5 ФЗ-МП	1,25-1,35	3,8-4,3	5,7-6,7	5,5-6,0	3,1-3,7	-	19,35-22,05
P6M5 ДО 5-МП	1,02-1,09	3,8-4,3	6,0-7,0	4,8-5,3	1,7-2,2	4,8-5,3	22,12-25,19
P7M2Ф 6-МП	1,65-1,75	3,8-4,3	6,5-7,5	1,8-2,3	5,5-6,2	0,5	19,75-22,55
P9M4 ДО 8-МП	1,10-1,20	3,0-3,6	8,5-9,5	3,8-4,3	2,3-2,7	7,5-8,5	26,20-27,80
P12MФ 5-МП	1,45-1,55	3,8-4,3	11,5-12,5	1,0-1,5	4,0-4,6	0,5	22,25-24,95
P12M3K5Ф 2-МП	1,05-1,15	3,8-4,3	11,5-12,5	2,5-3,0	1,8-2,3	5,0-5,5	25,65-28,75

В інструмента зі стандартних БС на ріжучій крайці досить часто розташовуються порівняно великі (більш 10 мкм) карбіди, які легко викришуються, створюючи концентратори напруг. Це приводить до лавиноподібного зношування ріжучої крайки або поломці малорозмірного інструмента. У структурі ПБС немає великих карбідів, завдяки чому забезпечується значне підвищення стійкості й надійності малорозмірного інструмента.

Наближені розрахунки показують, що виробництво заготовок із ПБС буде рентабельним, якщо випускати не менш 1000 т/рік. Якщо обмежитися створенням невеликого за обсягом виробництва порошків і заготовок (50-100 т/рік), то висока собівартість продукції не забезпечить її конкурентоспроможність стосовно закордонних аналогів.

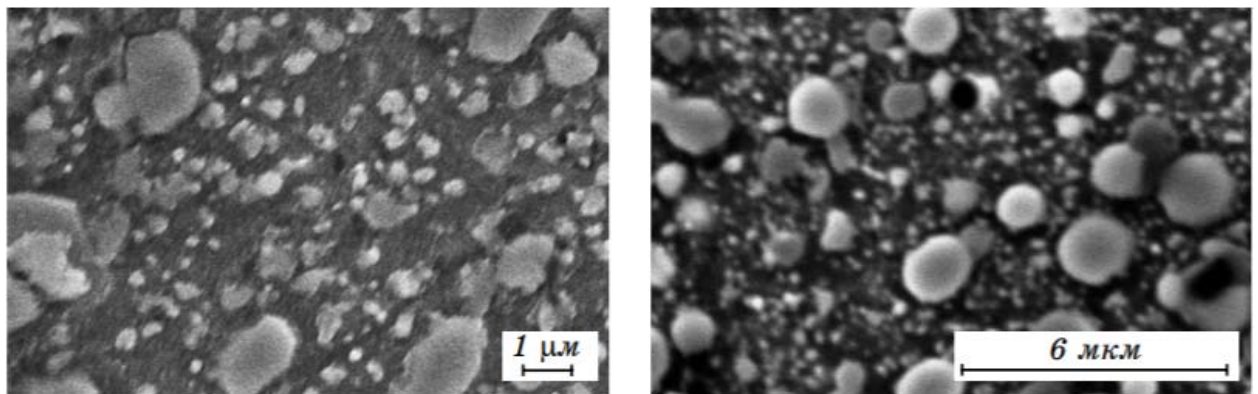
3.3 Порівняльний аналіз структури й властивостей швидкорізальних сталей, що отримані традиційним методом та шляхом порошкової металургії

Освоєння виробництва швидкорізальної сталі методами порошкової металургії відкрило нові резерви для підвищення експлуатаційних властивостей цих сталей. Висока швидкість охолодження металу в процесі розпилення дозволяє одержувати матеріал з підвищеним вмістом легуючих елементів і досить однорідною структурою, у тому числі добитися здрібнювання карбідів і поліпшити їхню однорідність. Як показують дослідження [9-11], якщо виконати умови, що гарантують чистоту порошків швидкорізальної сталі й збереження чистоти металу на всіх стадіях переділу порошку в готові вироби, то різальний інструмент, що виготовляється, здобуває стійкість, в 2-3 рази переважаючи стійкість інструмента того ж складу, але одержуваного з литих заготовок.

Прутки для дослідження з порошкової швидкорізальної сталі були отримані за наступною технологією. Порошок сталі Р6М5 засипали в сталеві капсули діаметром 145 мм, у верхній частині якої укладався титановий геттер. Роль геттера полягає в поглинанні повітря, що перебуває в капсулі, і газоподібних речовин, що утворюються в капсулі в процесі нагрівання порошку перед екструзією. Застосування геттера дозволяє виключити операцію вакуумування капсул. Капсули герметизували, нагрівали до температури 1100 ± 50 °С і піддавали екструзії на діаметр 75 мм. Після екструзії й наступного виправлення заготовки піддавали токарській обробці з метою видалення оболонки. Далі прутки були піддані додаткової пластичної деформації за допомогою прокатки до діаметрів 30 і 16 мм. Максимальний сумарний ступінь деформації становив 80-90 %. Режим термічної обробки: загартування в масло від 1180 °С з наступною трикратною відпусткою протягом 1 год при температурі 560 °С. Твердість отриманих зразків становила 65 HRC.

Для порівняльного аналізу мікроструктур були виготовлені шліфи в поздовжньому й поперечному перерізах зразків отриманої порошкової швидкорізальної сталі й швидкорізальної сталі, виготовленої традиційним методом лиття й наступної гарячої деформації. Для порівняльного аналізу задіяний оптичний мікроскоп Zeise 200 MAT з використанням програми Thixomet і електронний сканувальний мікроскоп типу Vega Tescan 5136 LMU (Tescan).

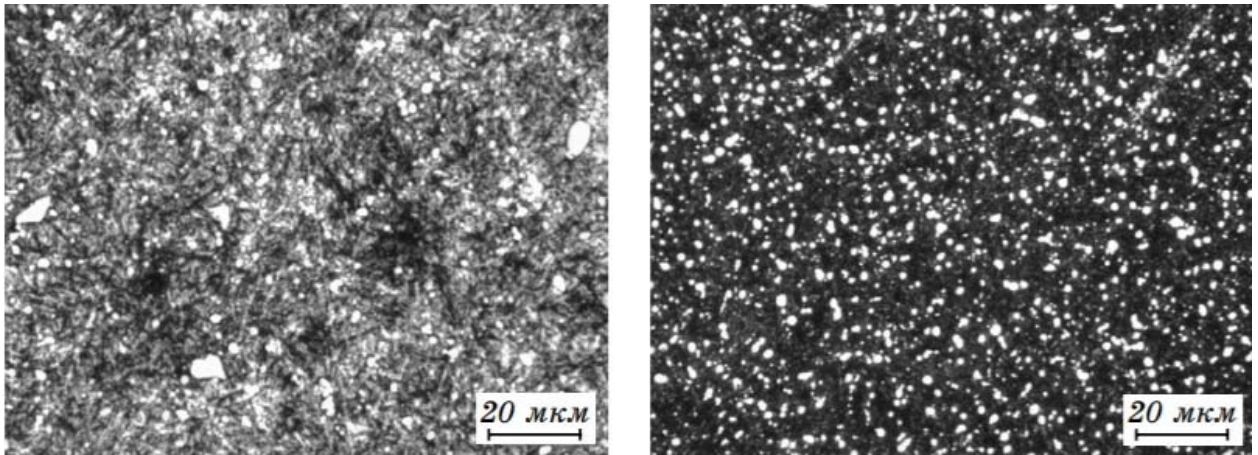
При розгляді зображень мікроструктур травлених зразків (рис. 3.2) на шліфі литої сталі можна побачити значну нерівномірність розподілу карбідних часток, карбіди порошкової швидкорізальної сталі більш дрібні й рівновісні. У структурі литої сталі після загартування можна спостерігати яскраво виражену голчасту мартенситну структуру, тоді як у порошкової сталі голки мартенситу менші, вони не виявляються при збільшенні $\times 1000$ (рис. 3.3).



а

б

Рисунок 3.2- Мікроструктура литої (а) і порошкової (б) швидкорізальної сталі, $\times 10\,000$

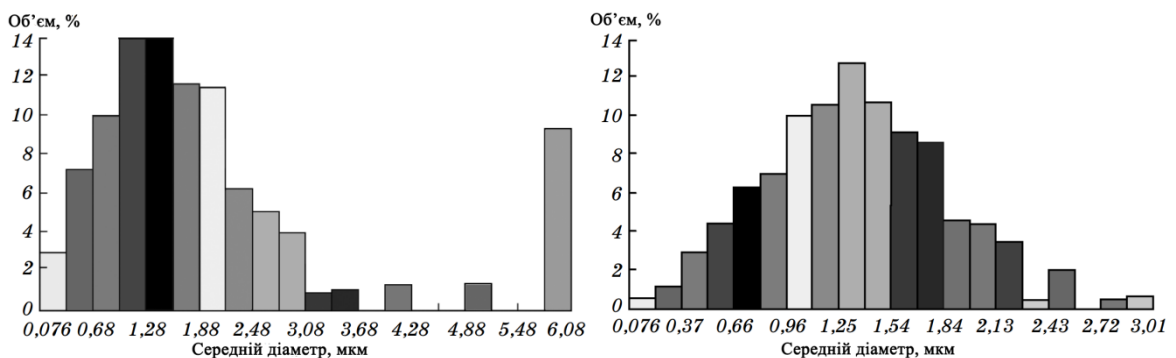


а

б

Рисунок 3.3- Структура литої (а) і порошкової (б) швидкорізальної сталі. $\times 1000$

Для кількісної оцінки структур сталей були проведені дослідження розподілу діаметра й оцінений фактор форми карбідів (рис. 3.4). Аналіз проводився на поверхні травлених шліфів при збільшенні $\times 1000$ по декільком полям шліфа. У структурі литої сталі спостерігалися окремі досить великі (діаметром 6,00-20,00 мкм) частки, але переважали карбіди діаметром менш 2,50 мкм.



а

б

Рисунок 3.4 - Розподіл карбідів по діаметру в структурі литої (а) і порошкової (б) швидкорізальної сталі після загартування й трикратної відпуску

Середні значення діаметра карбідів рівні 2,07 мкм (у поперечному перерізі) і 2,23 мкм (у поздовжньому). Відмінності обумовлені тим, що спостерігається більш витягнута форма карбідів у поперечному перерізі. Стандартне відхилення по діаметру становить 1,54 і 1,68 у поперечному й поздовжньому перетинах відповідно. Середні значення фактора форми карбідів литої сталі — 0,56.

На відміну від литої сталі, у структурі порошкової сталі не виявлено карбідів діаметром більш 3,00 мкм. Більшу ж частину карбідів становлять частки діаметром до 1,50 мкм, середнє значення цього параметра дорівнює 1,35 мкм. Стандартне відхилення по діаметру становить 0,52. Середні значення фактора форми карбідів порошкової сталі — 0,74.

Таким чином, карбіди порошкової швидкорізальної сталі значно дрібніше, більш однорідні по розмірах і мають більш правильну (округлу) форму. Відомо, що округлі карбіди є меншими концентраторами напруг у порівнянні з карбідами кутастої форми.

Величина аустенітного зерна, яку сталь здобуває при нагріванні під загартування, значно впливає на її механічні властивості. Був визначений бал зерна й середній розмір зерен швидкорізальних сталей (рис. 3.5).

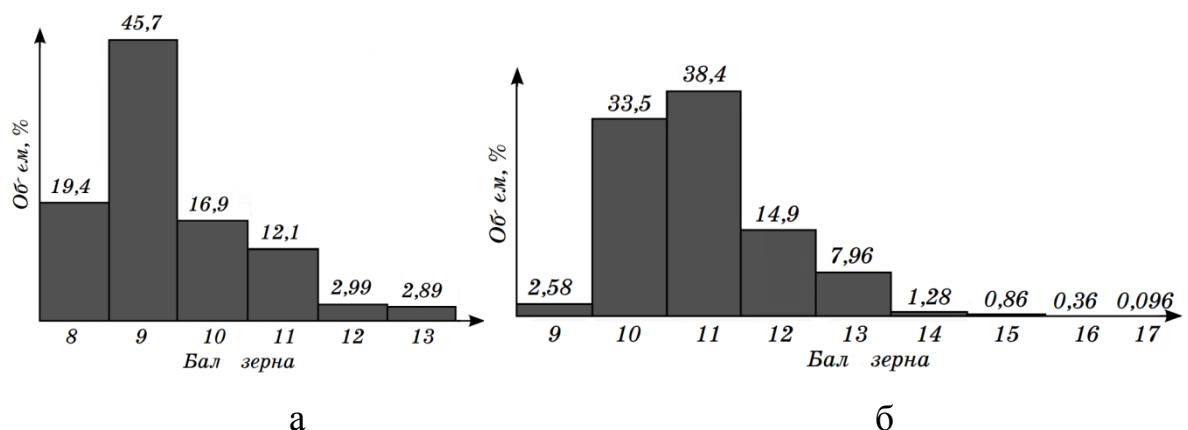


Рисунок 3.5 - Розподіл величини аустенітних зерен по балах після загартування для литої (а) і порошкової (б) швидкорізальної сталі

Величина зерна аустеніту литої сталі в основному відповідає 10 балам, причому поряд з досить крупними зернами (8-9 балів) зустрічається невелика кількість дрібних зерен (12-14 балів). Менші по розміру зерна зустрічаються в місцях скупчення карбідних часток. В областях шліфа, де карбідів мало або вони занадто дрібні, розмір зерна досягає 30-40 мкм.

При дослідженні структури порошкової сталі можна відзначити досить рівномірний розподіл дрібних аустенітних зерен (12 балів) і карбідних включень по поверхні шліфа. Площа, займана карбідною фазою, практично однакова на різних ділянках шліфа й становить порядку 6 % поверхні. Відомо, що одна з основних функцій карбідів у сталі — стримування росту зерна при нагріванні. Порівняно дрібні й рівномірно розподілені по перетину карбіди порошкової сталі сприяють формуванню більш однорідного аустенітного зерна сталі, що також є передумовою до придбання такою сталлю більш високих властивостей у порівнянні з литою сталлю. Більш висока неоднорідність розподілу карбідів литої стали є й причиною виникнення в процесі загартування сталі ділянок аустеніту, що значно відрізняються між собою по ступеню легованості, що утрудняє утвор мартенситу в областях, віддалених від карбідних часток.

Найбільшій економічній ефективності використання порошкової швидкорізальної сталі вдається добитися при виготовленні різального інструменту малого діаметра. Дослідженнями встановлено, що після прокатки заготовок до діаметра 30 мм спостерігалось збільшення межі міцності при вигині до значень 4000-4500 Мпа (зразки перетином 5x5 мм, відстань між опорами при випробуванні — 20 мм). На зразках, вирізаних із прутків, продеформированих до діаметра 16 мм, випробування показали значення межі міцності 4500-5000 Мпа.

Для порівняння: значення межі міцності швидкорізальної сталі традиційного способу виготовлення становить 3200-3500 Мпа.

Таким чином, при порівнянні мікроструктур швидкорізальних сталей, виготовлених різними способами, за допомогою кількісних методів аналізу

були виявлені принципові відмінності, що дозволяють пояснити різницю властивостей даних матеріалів. Установлено, що більш високих властивостей порошкової швидкорізальної сталі (у порівнянні зі сталлю традиційного способу виготовлення) вдалося добитися завдяки збереженню в структурі кінцевого прутка рівномірного розподілу легуючих елементів. Це сприяло утвору рівномірно розподілених карбідів порівняно невеликого розміру й, у свою чергу, привело до утвору однорідної дрібнозернистої структури аустенітного зерна після загартування.

3.4 Особливості термічної обробки порошкових швидкорізальних сталей

Досвід промислового застосування різального інструменту з порошкових швидкорізальних сталей показав, що найбільш характерними причинами виходу інструмента з ладу є зношування й сколювання робочої частини, причому частка інструмента, що вийшов з ладу в результаті викришування, вище ніж в результаті зношування. Особливо це проявляється на інструменті з порошкової швидкорізальної сталі, який у процесі експлуатації випробовує ударні навантаження.

У роботі проводилися порівняльні дослідження впливу режимів термічної обробки на структуру й властивості сталей Р6М5Ф 3-МП і Р6М5Ф3.

Дослідження проводили на зразках діаметром 30 мм. Хімічний склад стали Р6М5Ф3 відповідав ГОСТ 19265-73, сталь Р6М5Ф 3-МП містила 1,27 %С; 4,20% Cr; 6,70% W; 5,87 % Мо (ТУ 14-1-3647-83). У стані постачання прутки сталі Р6М5Ф 3-МП мали структуру сорбитоподібного перліту з рівномірно розподіленою карбідною фазою до 1мкм і твердістю не більш НВ 255.

Для механічних випробувань виготовляли зразки короткі № 6 тип III за ГОСТ 1497-84, для визначення ударної в'язкості - зразки розміром 5x5x55 мм без надрізу за ГОСТ 9454-78.

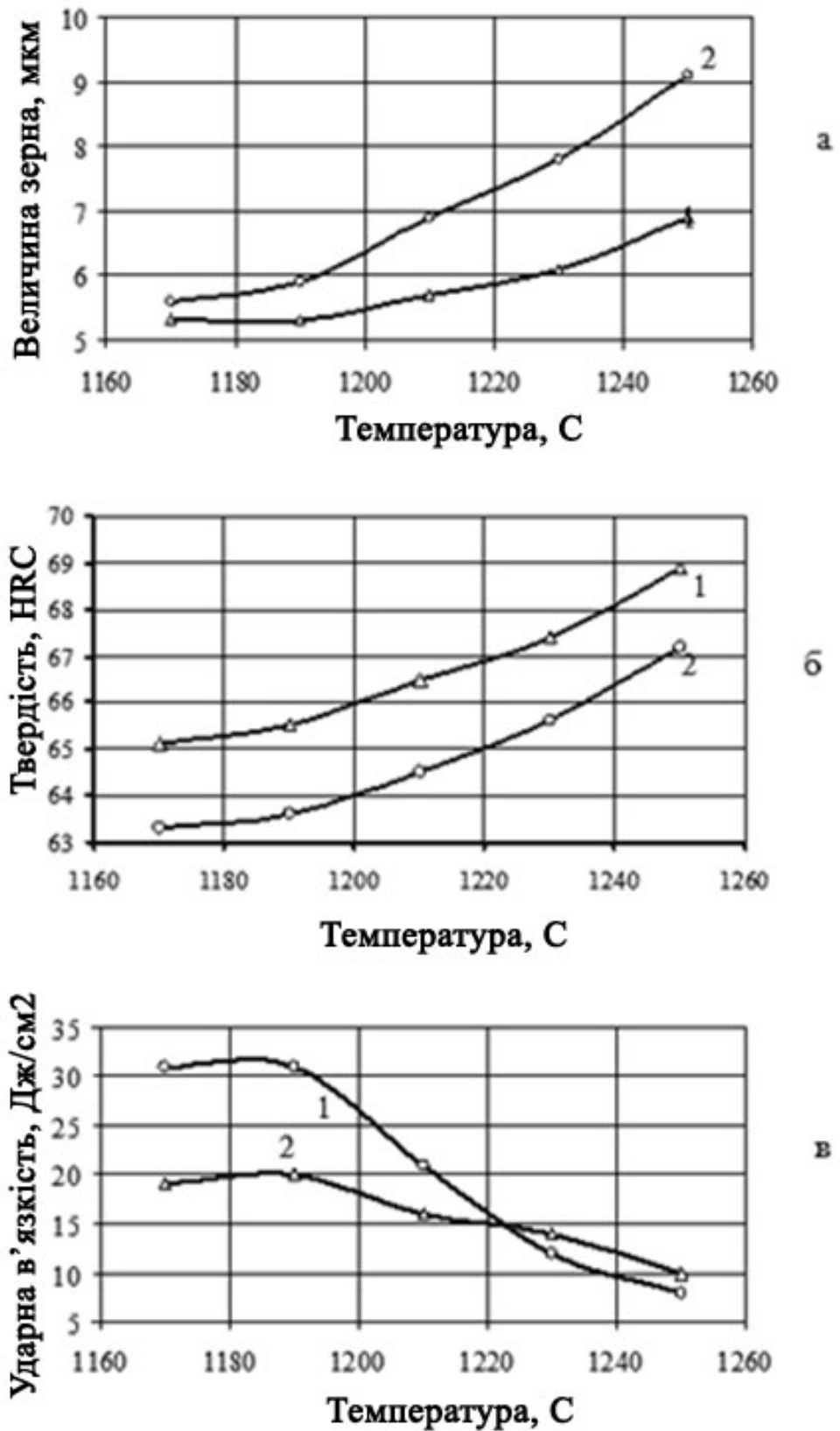
З метою непрямої оцінки ступені компактування порошку швидкорізальної сталі були проведені порівняльні випробування механічних властивостей зразків зі сталей Р6М5Ф 3-МП і Р6М5Ф3 у відпаленому стані. Результати випробувань показують, що властивості міцності порошкової сталі вище, чим у литої (853 і 784 Н/мм² відповідно), пластичні - практично однакові (28 і 30 % відповідно). Це свідчить про високий ступінь компактування порошкової швидкорізальної сталі при прокатці.

Загартування проводили від температур 1170...1250°C через 20°C із попереднім підігрівом у розплаві повареної солі при температурі 850°C. Охолодження робили в маслі И12А. Питома тривалість витримки при прискореному нагріванні в розплаві солей становила 30 с/мм. Після загартування проводили трикратну відпустку при 560С по 1 годині.

Мікроструктура загартованих зразків складалася з мартенситу, надлишкових карбідів і аустеніту.

Криві на рисунку 3.6, а показують відмінності у швидкості росту аустенітного зерна обох сталей у процесі нагрівання під загартування, які обумовлені дрібнозернистою рівномірно розподіленою карбідною фазою, що гальмує ріст зерна.

Твердість загартованої сталі Р6М5Ф3-МП при всіх досліджених температурах нагрівання під загартування вище на 1,5...2,0 HRC, ніж сталі Р6М5Ф3. Ударна в'язкість обох сталей при підвищенні температури нагрівання під загартування зменшується, однак значення ударної в'язкості сталі Р6М5Ф 3-МП вище, чим Р6М5Ф3 до температури 1220°C (рис.3.6, б, в).

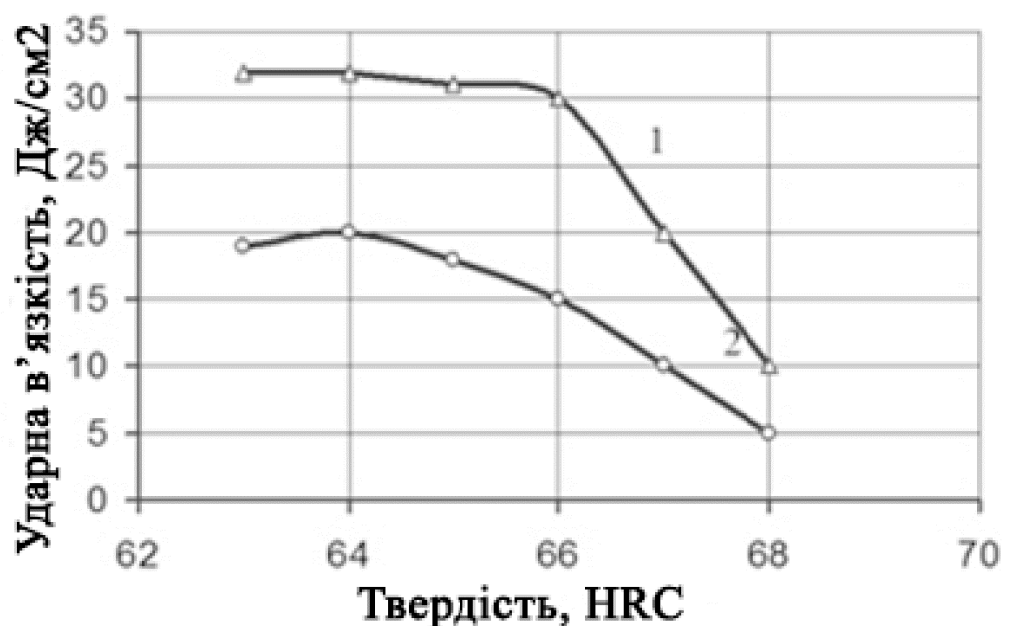


1 – сталь Р6М5Ф 3-МП, 2 - сталь Р6М5Ф3

Рисунок 3.6 – Вплив температури нагрівання під загартування на величину зерна аустеніту (а), твердість (б) і ударну в'язкість (в) досліджуваних сталей.

Спадкування вихідної структури сталі формує в процесі термічної обробки більш однорідну й дрібнозернисту структуру з рівномірним розподілом карбідної фази, що пояснює більш високу твердість і ударну в'язкість порошкової швидкорізальної сталі в порівнянні з литою сталлю. При більш високих температурах загартування значення ударної в'язкості стають практично однаковими для обох сталей вочевидь внаслідок єдиного механізму знеміцнення сталей при температурах понад 1220°C [Ошибка! Неизвестный аргумент ключа.], а більш низькі значення ударної в'язкості сталі Р6М5Ф 3-МП при цих температурах, можуть викликатися неконтрольованою пористістю матеріалу.

Була проаналізована залежність ударної в'язкості термічно оброблених сталей від твердості, тому що надійність роботи інструмента забезпечується поряд з високою твердістю також і високою ударною в'язкістю, особливо при переривчастому гострінні. Як видно з рисунка 3.7, абсолютні значення ударної в'язкості порошкової швидкорізальної сталі вище у всьому досліджуваному інтервалі твердості.



1 – сталь Р6М5Ф 3-МП, 2 - сталь Р6М5Ф3

Рисунок 3.7 – Співвідношення твердості й ударної в'язкості досліджуваних сталей

У роботі визначили оптимальний режим відпуску порошкової швидкорізальної сталі Р6М5Ф 3-МП, який на відміну від традиційно прийнятого режиму проводили при підвищених температурах (580, 600 і 630°C) і скороченому часі витримки (від 3 до 30 хв залежно від температури відпуску).

Результати досліджень впливу режимів відпуску на твердість і теплостійкість сталі Р6М5Ф 3-МП наведено в таблицях 3.15 і 3.16.

Таблиця 3.15 – Вплив параметрів відпуску на твердість

Температура відпуску. °C	Витримка. хв.	Твердість. HRC		
		1 відпуск	2 відпуск	3 відпуск
560	60	68.5	68	67,5
580	15	68	68	68
580	20	68	67.5	67
580	30	68	68	67
600	5	68.5	68	67
600	10	67.5	67	67
600	15	67.5	66	65
630	3	68	67,5	68
630	5	67.5	67,5	68
630	8	66	65,5	63

Таблиця 3.16 - Вплив параметрів відпуску на теплостійкість (твердість після додаткового відпуску при 620°C, 630°C, 640°C по 4 години)

Температура відпуску. °C	Витримка. хв.	Твердість. HRC		
		620 °C × 4год	630 °C × 4год	640 °C × 4год

580	15	62	59	56
580	20	62	59.5	57
580	30	63,5	60.5	59
600	5	61,5	59,5	54
600	10	61.5	59,5	57
600	15	64.5	61	57
630	3	61.5	60.5	57.5
630	5	61.5	60.5	56
630	8	64	60	56

Вплив параметрів відпуску на твердість. Наведені в таблицях результати досліджень указують на можливість значного скорочення тривалості відпуску за рахунок підвищення його температури. Оптимальним режимом відпуску стали Р6М5Ф 3-МП є відпуск при 580°C тривалістю 15, 20 і 30 хв, який забезпечує одержання твердості не нижче 66 HRC.

Були визначені оптимальні для кожної температури відпуску тимчасові параметри режимів. Мікроструктура зразків складається з мартенситу, карбідів і залишкового аустеніту. Кількість залишкового аустеніту після кожної відпуску при різних температурах зменшується на 2-8 %. Значних розбіжностей у мікроструктурі, твердості й кількості залишкового аустеніту не спостерігається. Це говорить про те, що при підвищених температурах і скорочених витримках процеси виділення карбідів устигають відбутися повною мірою.

Вплив параметрів відпуску на теплостійкість. Відпуск при 600°C тривалістю більш 12 хв, а також відпуск при 630°C тривалістю більш 6 хв не забезпечують одержання необхідних властивостей і тому не можуть бути рекомендовані до застосування.

Порівняльні стійкісні випробування проводили на комбінованих зенкерах діаметром 10 мм, із числом зубів 4, відпущених по звичайному й

прискореному режимах відпуску. Випробування проводили на вертикально-свердильному верстаті мод. 2Н135 при швидкості обертання шпинделя 250 об/хв і ручній подачі. При однаковому часі обробки отворів зношування по стрічках склав 0,34 мм і 0,41 мм для зенкерів, відпущених по прискореному й звичайному режимах відпуску відповідно.

Таким чином, загартування інструмента з порошкової швидкорізальної сталі Р6М5Ф 3-МП доцільно проводити з температур 1190...1210°C. Для інструмента з компактної швидкорізальної сталі, що випробовує при роботі більші ударні навантаження, температура загартування повинна бути знижена до 1170...1190°C. При цьому, можна застосовувати прискорену відпустку сталі Р6М5Ф 3-МП при 580°C тривалістю 15...30 хв, при 600°C тривалістю 5...12 хв, і при 630°C тривалістю 3...6 хв. Швидкорізальна сталь, отримана методом порошкової металургії, при термічній обробці на задану твердість має більш високі механічні властивості в порівнянні з аналогічною литою сталлю внаслідок одержання однорідної дрібнозернистої структури з рівномірним розподілом високодисперсної карбідної фази.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У дипломній роботі розглядається проектування відділення термічної обробки ріжучого інструмента.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

Можливість ураження електричним струмом, внаслідок порушень правил електробезпеки, несправності електроспоживчого обладнання, відсутність захисного заземлення або занулення, що може призвести до електричних травм або летального наслідку.

Можливість отримання механічних травм через потрапляння верхніх кінцівок в зону обертання абразивного круга при виконанні операції зачищення, внаслідок захащеності робочої зони.

Можливість отримання термічних опіків, внаслідок торкання нагрітих поверхонь обладнання або деталей.

Негативний вплив теплового випромінювання, яке може призвести до ушкодження системи кровообігу.

Важкість праці – це така характеристика трудового процесу, що відображає переважне навантаження на опорно-руховий апарат і функціональні системи організму(серцево-судинну, дихальну та ін.), що забезпечують його діяльність. Важкість праці характеризується фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальним числом стереотипних робочих рухів, розміром статичного навантаження, робочою позою, ступенем нахилу корпусу, переміщенням в просторі.

Незадовільні параметри повітряного середовища робочої зони через неефективну роботу системи опалення та вентиляції, що може призвести до захворювань через підвищену концентрацію в повітрі газоподібних хімічних елементів, які входять до складу насичуючих атмосфер, через порушення герметичності підводу газопроводів, як наслідок – до отруєння.

Незадовільне освітлення робочої зони, що може призвести до погіршення.

Можливість загорянь, причинами яких можуть бути порушення правил пожежної безпеки, короткі замикання, що може призвести до пожежі.

Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій. Причинами неправильних дій можуть бути не досконале управління персоналу в таких умовах, відсутність навчання, інструктажів та тренінгів, що може призвести до паніки і як наслідок травмування або летального наслідку.

4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Заходи розробляються на основі аналізу потенційних небезпек. Обираються найбільш ефективні заходи, що спрямовані на виключення або мінімізацію негативного впливу визначених потенційно небезпечних та шкідливих факторів виробничого процесу фізичного, хімічного, психофізіологічного характеру.

1) Для попередження ураження електричним струмом необхідно здійснювати наступні заходи захисту:

- Організаційні заходи:

До виконання робіт допускаються особи віком не молодше 18 років, що пройшли навчання та перевірку знань з електробезпеки згідно ДНАОП 1.1.10

– 1.01 - 2000 «Правила безпечної експлуатації електроустановок – споживачів» та отримали допуск з електробезпеки відповідної групи.

Для кожного електроспоживаючого обладнання повинні бути складені експлуатаційні схеми нормальної і аварійної роботи.

- Технічні заходи:

Всі не ізольовані токопровідні елементи електрообладнання повинні бути надійно огорожено суцільними огороженнями, зняття або відкриття можливе тільки за допомогою спеціальних пристроїв.

Розташування струмоведучих частин на недоступній висоті. Висота розташування визначається значенням напруги: при напрузі до 1000В – не менше 3,5м, при напрузі більше 1000В – не менше 6м.

Електричне блокування здійснює розрив ланцюга спеціальними контактами згідно ГОСТ 12.4.155 – 85 «ССБТ. Устройства защитного отключения. Классификация. Общетеchnические требования.» Наприклад, завантаження та розвантаження садки з термічної печі виконується тільки при автоматичному відключенні струму блокуючими пристроями.

Захисне заземлення або занулення. Принцип дії захисного заземлення або занулення полягає у зниженні до безпечних значень напруги дотику, яка обумовлена замиканням на корпус. Електрообладнання необхідно заземлювати або занулювати у відповідності з ПУЕ - 2009 «Правила улаштування електроустановок».

При роботах, що пов'язані з можливістю ураження електричним струмом необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту в відповідності з НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безопасной эксплуатации электроустановок потребителей», НПАОП 40.1-1.01.97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок».

2) Заходи безпеки щодо герметичності трубопроводів, що подають робочі гази до робочого місця:

- Шланги повинні бути тільки армованими.
- Поєднання шлангів гладкими з'єднувачами не допускається.

Поєднання шлангів виконується тільки хомутом.

- Герметизація проривів ізоляцією не допускається – необхідно пошкоджену ділянку вирізати і поєднати з'єднувачем (йорж) або хомут.

Використовувати шланги для подачі газів тільки за призначенням.

3) Заходи з безпеки для виключення можливості вибухів газоповітряної суміші при виконанні операції цементація.

При хіміко-термічній обробці найбільше значення має витиснення повітря з робочого об'єму печі перед подачею насичувальних газів.

Перед початком виконання операцій хіміко-термічної обробки передбачена продувка реторти печі азотом для видалення повітря протягом не менше 1 години. Кількість азоту подається із розрахунку 3-5 кратного газообміну, при надлишковому тиску в реторті 0,5 атм. В період продувки реторти азотом необхідно виконати випробування герметичності методом омилування усіх місць з'єднання та зварних швів.

Подача робочих газів у реторту можлива тільки при температурі не менше 760°C (поріг безпеки). Для виконання цієї умови технологічне обладнання повинно бути оснащене автоматичними пристроями, які блокують подачу робочих газів при невиконанні цієї умови.

Сучасне термічне обладнання для ХТО оснащується полум'яними завісами, що встановлені перед отвором для завантаження. Значення цієї завіси полягає у недопущенні проникнення повітря у робочий простір печі, де у цей час знаходяться робочі гази. Сполука робочих газів з повітрям при температурах ХТО неминуче приведе до вибуху. З огляду на це примусове зняття полум'яної завіси під час виконання операцій неприпустиме.

В аварійних ситуаціях, що пов'язані з неможливістю подачі робочих газів у реторту під час проведення операцій ХТО слід негайно забезпечити подачу азоту для заміщення вибухонебезпечної газової суміші.

По закінченні терміну витримки деталей при ХТО необхідна продувка реторти печі азотом для видалення робочого газу протягом не менше 1

години. Кількість азоту подається із розрахунку 3-5 кратного газообміну, при надлишковому тиску в реторті 0,5 атм.

4) Захист від теплового випромінювання.

Основними заходами захисту є використання індивідуальних засобів захисту:

- спеціального одягу згідно ГОСТ 12.4.045 – 87 «Костюмы мужские для защиты от повышенных температур. Технические условия»;
- рукавиць згідно ГОСТ 12.4.010 – 75 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные. Технические условия.»;
- групові засоби захисту: повітряні завіси між джерелами теплового випромінювання та зонами, де знаходяться робітники.

У деяких випадках, наприклад, при гартуванні деталей з високолегованих сплавів при температурах більш 1100⁰С використовують азбестові фартухи та рукавиці.

5) З метою безпечного виконання технологічних операцій ХТО до робіт допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд і отримали допуск до робіт. До робіт залучаються особи, що отримали певні знання за спеціальністю, які підтверджуються документом встановленого зразка. До роботи допускаються особи, які пройшли всі інструктажі і стажування, які передбачені КЗоТ і правилами допущення до робіт конкретного підприємства.

Доцільно використовувати стимулювання належного виконання правил охорони праці і невідворотність покарання за їх порушення.

6) Для організації робочих зон при виконанні операцій ХТО передбачено:

Робочі місця термістів повинні відповідати відповідним вимогам ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Общих требования безопасности к рабочим местам», ГОСТ 12.2.032-84 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования».

Структуру ділянок термічної та хіміко-термічної обробки можна уявити в наступному вигляді:

Норми безпеки визначають:

- площа на одного працюючого не менше $4,5 \text{ м}^2$;
- висота робочої зони від підлоги до стелі не менше 3,2 м;
- об'єм, що припадає на одного працюючого, не менше 15 м^3 .

Розташування тепловипромінюючого обладнання повинно виконуватися з урахуванням потоків повітря при використанні природної або штучної загально обмінної вентиляції.

Кольорове рішення технологічного обладнання повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.4.026-76 «Цвета сигнальные и знаки безопасности».

4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Організація оптимального освітлення робочої зони:

Для забезпечення необхідного рівня виробничого освітлення слід дотримуватися вимог ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування» з урахуванням характеру зорової роботи. Передбачено формування систем освітлення з використанням дугових ламп ДРЛ та світильників ГСП.

Для нормалізації параметрів повітряного середовища в проекті передбачено: устрій технічних систем, які повинні забезпечувати параметри повітряного середовища у відповідності до норм, які вказані в таблиці 4.1, згідно СНиП 23-01-99 «Будівельна кліматологія».

Таблиця 4.1 – Оптимальні фізичні параметри повітряного середовища цеху

Період року	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Холодний	18 - 22	40 - 60	0,1 – 0,3
Теплий	20 - 23	40 - 60	0,1 – 0,4

В холодний період року для забезпечення оптимальної температури виробничого приміщення слід використовувати систему водяного опалення та подавати зовнішнє повітря через калорифери.

В теплий період року для зниження температури повітря в робочому просторі необхідно використовувати природну вентиляцію, або загально обмінну приточно-витяжну вентиляцію згідно ГОСТ 12.4.021-75 «СССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования».

В приміщеннях, де немає викидів шкідливих речовин у великій кількості, для забезпечення необхідного повітрообміну в теплий період року, передбачено устрій штучної механічної загально обмінної вентиляції відповідно ГОСТ 12.4.021-75 «ССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования».

Розрізняють чотири основні схеми організації повітрообміну при загальнообмінній вентиляції: зверху вниз, зверху вверх, знизу вверх, знизу вниз (рис. 4.1).

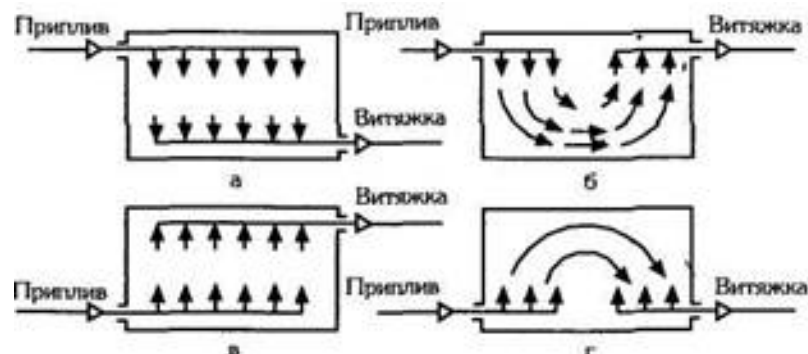


Рисунок 4.1 – Схема організації повітрообміну при загально обмінній вентиляції

Схеми зверху вниз (рис. 4.1, а) та зверху вверх (рис. 4.1, б) доцільно застосовувати у випадку, коли припливне повітря в холодний період року має температуру нижчу температури приміщення. Припливне повітря перш ніж досягти робочої зони нагрівається за рахунок повітря приміщення. Інші дві схеми (рис. 4.1, в та г) рекомендується використовувати тоді, коли припливне повітря в холодний період року підігрівається і його температура вища температури внутрішнього повітря.

Основне завдання розрахунку загальнообмінних систем штучної вентиляції — визначити кількість повітря, що необхідно подати і вилучити з приміщення. При розрахунку вентиляції в цехах, повітрообмін, як правило, визначають розрахунковим шляхом за конкретними даними про кількість шкідливих виділень (теплоти, вологи, парів, газів).

Розрахунок повітрообміну за умови виділення надлишкової теплоти.

$$L_v = \frac{Q \cdot 3600}{C \cdot \rho \cdot (t_{вуд} - t_{np})}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.1)$$

де Q — надлишок теплоти в виробничому приміщенні, складає 37кВт;

C — масова теплоємність припливного повітря, що дорівнює 1кДж/(кг·°С);

ρ_v — густина припливного повітря, що дорівнює 1,2кг/м³;

$t_{вуд}$ — температура видаляемого з приміщення повітря, °С;

t_{np} — температура припливного (зовнішнього) повітря, °С.

Температура зовнішнього повітря відповідно до СНиП 2.04.05-91*У «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Нормы проектирования» для м. Запоріжжя складає:

Для зимового періоду року (-8°С);

Для літнього періоду року (+27°С).

Температуру видаляемого з приміщення повітря знаходять за виразом:

$$t_{\text{внд}} = t_{\text{норм}} + \Delta t \cdot (H_{\text{ц}} - 2), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.2)$$

де $t_{\text{норм}}$ – нормована (оптимальна) температура в приміщенні, обирається за ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень, в залежності від категорії робіт», складає $18-20^\circ\text{C}$;

Δt – градієнт температури, що приймається для виробничих приміщень рівним $1,5$ град/м;

$H_{\text{ц}}$ – відстань від підлоги до центра витяжних проїомів, м.

$$H_{\text{ц}} = H - 1, \text{ м} \quad (4.3)$$

де H – висота приміщення, складає 8м .

$$H_{\text{ц}} = 8 - 1 = 7\text{м}$$

$$t_{\text{внд}} = 20 + 1,5(7-2) = 27,5^\circ\text{C}$$

Розрахунок повітрообміну за умови виділення надлишкової теплоти для зимового періоду:

$$L_{\text{в}} = \frac{37 \cdot 3600}{1,1,2 \cdot (27,5 - (-8))} = 3126,7 \text{ м}^3 / \text{год}$$

4.4 Заходи з пожежної безпеки

Для попередження пожежі та вибухів на ділянках передбачені такі заходи наявність первинних засобів пожежогасіння, зберігання легкозаймистих речовин у герметично закритій тарі або у витяжних шафах.

В комплексі заходів, що використовуються в системі протипожежного захисту, важливе значення має вибір найбільш раціональних способів та засобів гасіння різних горючих речовин матеріалів згідно зі СНиП 2.01.02-85 «Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений».

Приміщення підрозділів термічної обробки мають категорію по пожежній небезпеці «Д», тому особливих мір захисту не передбачається. Використовуються пінні і вуглекислотні вогнегасники, кошма, ящики з піском. Приміщення підрозділів ХТО мають категорію по пожежній небезпеці В, тому потребують додаткових заходів з пожежної безпеки. Наприклад, встановлення мідних пластин для зняття зарядів статичної електрики на вході у приміщення для зберігання легкозаймистих технологічних матеріалів. В деяких випадках устрій системи пожежогасіння за допомогою азоту.

Площа ділянки складає 1728 м². Виходячи з цього згідно НАПБ Б.03.001-2004 «Типові норми належності вогнегасників» обирається чотири вуглекислотних вогнегасника ємністю 18 кг кожний, а також необхідна наявність одного пожежного щита.

4.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Інформування, оповіщення і дії робітників та службовців промислового об'єкта, при загрозі виникнення надзвичайної ситуації.

Оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій полягає у своєчасному доведенні інформації органам управління цивільного захисту, силам цивільного захисту, суб'єктам господарської діяльності і населенню.

Оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій забезпечується шляхом:

а) функціонування загальнодержавної, територіальних, місцевих автоматизованих систем централізованого оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій, спеціальних, локальних і об'єктових систем оповіщення;

б) централізованого використання телекомунікаційних мереж загального користування, в тому числі мобільного зв'язку, відомчих телекомунікаційних мереж і телекомунікаційних мереж об'єктів господарської діяльності, а також мереж загальнонаціонального, регіонального та місцевого радіомовлення, телебачення та інших технічних засобів передачі або відображення інформації;

в) автоматизації процесу передачі сигналів і повідомлень про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій;

г) функціонування на об'єктах підвищеної небезпеки автоматизованих систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення;

д) організаційно-технічної інтеграції різних систем централізованого оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій та автоматизованих систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення;

е) функціонування в населених пунктах та місцях масового перебування людей сигнально-гучномовних пристроїв, а також електронних інформаційних табло для передачі інформації цивільного захисту.

Інформацію щодо цивільного захисту становлять відомості про прогнозовані або про ті, що відбулися надзвичайні ситуації. Ці відомості повинні включати: класифікацію, межі розповсюдження і можливі наслідки НС, а також про способи і методи захисту від них.

Органи управління цивільного захисту зобов'язані надавати населенню через засоби масової інформації оперативні та достовірні дані про ситуацію обстановці, а також інформувати про свою діяльність з питань цивільного захисту.

Керівники потенційно небезпечних об'єктів та об'єктів підвищеної

небезпеки, зобов'язані систематично і оперативно публікувати інформацію про ці об'єкти в офіційних друкованих виданнях, на офіційних веб-сайтах, інформаційних стендах, а також доводити будь-яким прийнятним способом. Інформація повинна містити дані про об'єкт, сферу його діяльності, про природу можливих ризиків при аварії, включаючи вплив на людей і навколишнє середовище, а також про способи інформування населення у разі загрози або виникнення аварії та порядку дій при її виникненні. Поширення інформації про наслідки надзвичайної ситуації здійснюється відповідно до законодавства про інформацію.

Як висновок можемо сказати, що для попередження або мінімізації негативного наслідку шкідливих факторів виробничих процесів термічної обробки слід планувати та здійснювати певний комплекс заходів захисту.

Заходи по забезпеченню належного рівня професійної підготовки фахівців, до роботи допускаються особи, які пройшли всі інструктажі і стажування, які передбачені КЗоТ і правилами допущення до робіт конкретного підприємства.

Що до електробезпеки необхідно вживати організаційні та технічні заходи, а саме, до виконання робіт допускати особи віком не молодше 18 років, що пройшли навчання та перевірку знань з електробезпеки. При роботах, що пов'язані з можливістю ураження електричним струмом необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту.

Необхідно враховувати заходи безпеки, щодо герметичності трубопроводів, шланги повинні бути тільки армованими, поєднання шлангів гладкими з'єднувачами не допускається, використовувати шланги для подачі газів тільки за призначенням та ін.

Для захисту від теплового випромінювання обов'язковим є використання індивідуальних засобів захисту (спеціального одягу, рукавиць, повітряні завіси та ін.).

Організація робочого місця повинна відповідати певним вимогам нормативних документів, площа на одного працюючого не менше 4,5 м²,

розташування тепловипромінюючого обладнання повинно виконуватися з урахуванням потоків повітря при використанні природної або штучної загально обмінної вентиляції.

Для забезпечення оптимальних параметрів повітряного середовища слід використовувати систему водяного опалення та подавати зовнішнє повітря через калорифери, в теплий період року необхідно використовувати природну вентиляцію, або загально обмінну.

Для попередження пожежі та вибухів на ділянках передбачені наявність первинних засобів пожежогасіння, зберігання легкозаймистих речовин у герметично закритій тарі або у витяжних шафах. Використовуються пінні і вуглекислотні вогнегасники, кошма, ящики з піском.

4.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Для забезпечення *безпеки персоналу в умовах надзвичайної ситуації* необхідною умовою є навчання, проведення інструктажів та тренажів згідно ДСТУ 3891-99 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Терміни та визначення основних понять, встановлення систем передавання тривожних сповіщень та устаткування згідно ДСТУ prEN 50136-1-1:2004 Системи тривожної сигналізації. Системи передавання тривожних сповіщень та устаткування. Частина 1-1. Загальні вимоги до систем передавання тривожних сповіщень.

Надзвичайною ситуацією називається порушення нормальних умов життя людей на об'єкті або території, які викликані аварією, катастрофою, стихійним лихом, епідемією, епіфіотією, епізотією, великими пожежами, застосуванням засобів ураження, що призвели або можуть призвести до людських втрат і матеріальних збитків.

Важливим фактором забезпечення безаварійної роботи є вивчення і суворе дотримання всіма інженерно-технічними працівниками правил і норм техніки безпеки. Основними заходами по ліквідації наслідків аварій і стихійних лих є:

- оповіщення робітників і службовців, ЦО і населення, що проживає поблизу об'єкту, екстрена евакуація;
- комплексна розвідка об'єкту на якому виникла аварія;
- рятування людей з-під завалів, із оточуючих і ушкоджених будівель і споруд;
- надання медичної допомоги потерпілим від аварії, вивіз у лікувальні установи;
- гасіння пожеж;
- локалізація аварії на комунально-енергетичних мережах, перешкоджаючих веденню рятувальних робіт;
- улаштування проїздів і підходів до місць аварій;
- руйнування ненадійних конструкцій, розбирання завалів;
- демонтаж вцілілого устаткування, якому загрожує небезпека;
- організація комендантської служби.

Таким чином в проекті надано основні заходи з охорони праці для ділень термічної обробки:

- Для виключення ураження електричним струмом в проекті передбачені організаційні та технічні заходи, які передбачають : проведення навчань з правил електробезпеки, перевірку знань та атестацію персоналу на четверту або третю групу з електробезпеки, експлуатація та ремонт обладнання повинні здійснюватись спеціально підготованим персоналом, використання захисного заземлення та занулення, розташування струмопровідних частин на недоступній висоті.

- Для виключення механічних травм на абразивних кругах необхідно щоб, устрій підлокітника повинен знаходитися в правильному

положенні, відстань між кругом і підлокітником не перевищувала 3 мм, абразивний круг повинен бути захищений кожухом.

- Для уникнення термічних опіків та теплового випромінювання передбачено використання індивідуальних засобів захисту.

Для забезпечення задовільних параметрів повітряного середовища робочого простору (температура, вологість, швидкість переміщення повітряних мас) обов'язковим є кондиціювання приміщення.

Робоче приміщення повинно бути оснащене штучним освітленням, яке рівномірно має заповнювати весь простір. В проекті передбачено визначення необхідного світлового потоку світильників для забезпечення нормованого значення освітленості робочої площини.

Для уникнення можливості загорянь необхідно дотримуватись правил протипожежної безпеки. Основними організаційними заходами є наявність інструкцій з пожежної безпеки, план ієвакуації співробітників в разі пожежі. Основними технічними засобами пожежної безпеки є оснащення будівлі пожежним інвентарем і підтримка його в робочому стані, а також первинними засобами пожежегасіння: вогнегасниками, системами сповіщення.

Для забезпечення безпеки персоналу в умовах надзвичайної ситуації необхідною умовою є навчання, проведення інструктажів та тренажів.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунок капітальних вкладень в основні фонди

Економічна частина розраховується в дипломному проекті відділення термообробки деталей при впровадженні нових технологічних процесів.

Розрахунок капітальних вкладень в основні фонди. До складу основних фондів відділення входять:

- а) будівля;
- б) виробниче обладнання;
- в) інструменти та пристосування;
- г) виробничий і господарський інвентар.

Внутрішній об'єм відділення визначають за формулою:

$$V = 1,1 \cdot F \cdot h$$

$$V = 1,1 \cdot 720 \cdot 8 = 6336 \text{ м}^3,$$

де F - внутрішня площа ділянки (по плануванню), м^2 ;

h – висота споруди.

$$K_3 = 6336 \cdot 80 = 506880 \text{ грн} = 506,88 \text{ тыс. грн}$$

Капітальні вклади в обладнання ($K_{об}$) визначають як суму балансової вартості різних видів обладнання:

$$K_{об} = K_{о.т.} + K_{о.е.} + K_{о.п.т.} + K_{о.к.у.},$$

де $K_{о.т.}$, $K_{о.е.}$, $K_{о.п.т.}$, $K_{о.к.у.}$ - балансова вартість відповідно технологічного, енергетичного, підйомно-транспортного устаткування, контрольно -

Продовження табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Підйомно-транспортне обладнання	323042	323042	323042	323042	323042	323042	323042	323042
Контрольно-вимірювальне обладнання	1076.81	1076.81	1076.81	1076.81	1076.81	1076.81	1076.81	1076.81
Усього						862523	862523	862523
						1902923		

Вартість інструментів приймається в розмірі 3% від балансової вартості технологічного обладнання і становить 161521,2 грн.

Вартість виробничого інвентарю приймається у розмірі 2% від балансової вартості виробничого обладнання і становить 107680,8 грн.

Склад основних фондів наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Склад і структура основних фондів

Назва груп основних фондів	Початкова балансова вартість, тис. грн.	Відсоток до підсумку	Норма амортизації, %	Сума річної амортизації тис. грн.
1.Будівля	506,88	15,38	3	15,21
2.Обладнання	2655,22	80,59	10	1902,9
3.Інструмент	79,66	2,42	15	11,95
4.Виробничий і господарський інвентар	53,1	1,61	15	7,97
Усього	3294,86	100,00		1938.03

Норма амортизації розраховується лінійним методом пропорційно строку експлуатації: будівля – 50 років; обладнання – 30 років; інструменти, виробничий і господарський інвентар – 7 років.

5.2 Матеріальне забезпечення

До найважливіших допоміжних матеріалів, які використовуються на технологічні цілі, відносяться: гартівна олія, аргон, солі, та інші.

До допоміжних матеріалів для утримання устаткування відносяться: жароміцні сплави для виготовлення пристроїв, піддонів, корзин.

Розрахунки основних (технологічних) і допоміжних матеріалів зведено в таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок витрат основних і допоміжних матеріалів

Найменування матеріалів	Витрат матеріалів			
	На 1 тону деталей, кг	На програму, т	Ціна за тону, грн..	Вартість на програму, тис. грн.
На технологічні цілі				
Ендогаз	250	18,75	870	16.31
Вода	9	1,8	3,6 за 1 м ³	6.48
Масло	20	1,5	350	0.53
Усього				23.32
ТЗВ 10%				2.332
Усього				25.652

5.3 Праця і заробітна плата

Розрахунок чисельності працюючих. Чисельність працюючих розраховується за наступними нормами: чисельність, трудомісткість, обслуговування. Метод розрахунку за нормами чисельності використовується для визначення чисельності робітників, що виконують роботи по керуванню печами, машинами та контролю за технологічним процесом.

Явочна чисельність робітників:

$$R_{\text{я}} = \sum n_i \cdot H_i \cdot S_i$$

де S_i – кількість змін роботи обладнання;

n_i – кількість обладнання i -го типу, шт.;

H_i – норма чисельності обслуговування робітників для обслуговування одиниці обладнання, чол.;

Явочна чисельність робітників приведена в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 - Явочна чисельність робітників

Операція	Обладнання	Кількість обладнанн я	Норма обслуговування (одиниць устаткування на 1 робітника в зміні)	Кількість робітників в в 1 зміні	Кількість змін роботи обладнанн я
Гартування	СНЗ-5.10.3,2/7	1	1	1	2
Гартування	СВС- 3,6.3,2.1,6/13	5	1	5	2
Вілпускання	СНО- 5.10.3,2/7	3	2	1,5	2
Усього		9	4	8	6

$$R_{\text{я}} = 1 \cdot 2 + 5 \cdot 2 + 2 \cdot 2 = 15 \text{ (чол.)}$$

На основі встановленої явочної чисельності виробничих робітників розраховується їх спискова чисельність за формулою:

$$R_{\text{сп.}} = R_{\text{я}} / K_{\text{сп}}$$

де $R_{\text{сп.}}$ – спискова чисельність виробничих робітників, чол.;

$K_{\text{сп}}$ – коефіцієнт, який показує співвідношення дійсного річного фонду часу робітника до номінального, дорівнює 0,9.

Він означає, що ~ 10% спискової чисельності відсутні на роботі із-за відпусток, за хворобою або за іншими поважними причинами

$$R_{\text{сп.}} = 15 / 0,9 = 17 \text{ (чол.)}$$

Чисельність допоміжних робочих, інженерно-технічних працівників (ІТП), спеціалістів визначається за нормами обслуговування термічного відділення. Зведену чисельність працівників наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Зведена чисельність працюючих за категоріями

Категорія персоналу	Чисельність працюючих, чол.	% до спискової чисельності основних виробничих робітників	% від усієї чисельності
1. Робітники, усього:	25		77,15
виробничі	17	100	
допоміжні	8	42,10	
2. ІТП	5	26,31	14,28
3. Спеціалісти	3	15,80	8,57
Усього за п.1,2,3	33		100

Розрахунок фонду заробітної плати. Уся сума заробітної плати,

виплачувана працівникам відділення (без премії з фонду матеріального споживання), утворює фонд заробітної плати. Цей показник розраховують окремо по категоріях працюючих і в цілому по відділенню. Річний фонд заробітної плати складається з тарифного фонду (чи окладу) і додаткової заробітної плати.

Тарифний фонд заробітної плати робітників визначається за формулою:

$$З_T = \sum C_i * \Phi_d * R_i,$$

де C_i – годинна тарифна ставка j -робітника, год.;

Φ_d – дійсний річний фонд часу робітника, год.;

R_i – чисельність робітників, чол.

Розрахунок тарифного фонду заробітної плати робітників зведений у табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Розрахунок тарифного фонду заробітної плати робітників

Категорія робітників, професія	Розряд роб-ка	Чисель- ність роб- ків, чол.	Дійсний річний фонд часу, год.	Годинна тарифна ставка, год.	Тарифний фонд заробітної плати, грн.
1	2	3	4	5	6
1. Виробничі роботи					
1.1 Терміст на печач	5	15	18778	50	938900
1.2 Калільщик	4	4	9389	40	375560
Усього		19			1314460

Фонд додаткової заробітної плати робітників включає премії і доплати. Сума премій визначається укрупнено, для виробничих робітників у розмірі 40 %:

$$ЗД = ЗО \cdot \frac{K_d}{100} = 1314460 \cdot 0,4 = 525784 \text{ грн.}$$

де K_d – процент додаткової заробітної плати.

5.4 Собівартість термообробки

Собівартість термообробки розраховується по наступним калькуляційним статтям витрат:

1. Допоміжні матеріали на технологічні цілі;
2. Паливо і енергія на технологічні цілі;
3. Основна заробітна плата виробничих робітників;
4. Додаткова заробітна плата виробничих робітників;
5. Відрахування на соціальне страхування виробничих робітників;
6. Відрахування на утримання і експлуатацію устаткування;
7. Загальновиробничі витрати;
8. Адміністративні витрати;
9. Витрати на тару

Стаття 1. Вартість допоміжних матеріалів представлені в таблиці 5.3 і складає 25.652тис. грн..

Стаття 2. Витрати на технологічну електроенергію:

$$C_{TE} = H_e \cdot Q_r \cdot C_e$$

де H_e – норма витрат електроенергії на технологічні цілі, (кВт год.)/т;

Q_r – річна виробнича програма, т/рік;

C_e – ставка за 1 кВт год. спожитої електроенергії

$C_e = 2,75 \text{ грн/(кВт} \cdot \text{год.)}$.

$$C_{\text{те}} = 300 \cdot 200 \cdot 2,75 = 165000 \text{ грн}$$

Стаття 3. Основна заробітна плата робітників 1314,5 тис. грн.

Стаття 4. Додаткова заробітна плата виробничих робітників 525,8 тис. грн.

Стаття 5. Відрахування на соціальні заходи являють собою форму перерозподілу доходу на фінансування суспільних потреб, розраховуються згідно діючого законодавства і складають 22% від фонду оплати праці. Відрахування на соціальні заходи розраховуються за формулою:

$$BC = (3O + 3Д) \cdot \frac{K_{\text{вс}}}{100} = (1314460 + 525784) \cdot 0,22 = 404853,68 \text{ грн.}$$

$K_{\text{вс}}$ – % відрахування на соціальні заходи.

Розрахунок витрат на утримання і експлуатацію устаткування

Ця стаття (стаття 6) є комплексною і визначається по окремому кошторису (табл. 5.7):

Таблиця 5.7 – Кошторис витрат на утримання і експлуатацію устаткування

Найменування статей
1. Експлуатація обладнання: а) силова енергія; б) допоміжні матеріали
2. Заробітна плата допоміжних робітників, які обслуговують обладнання
3. Амортизація обладнання та інструменту
4. Знос малоцінних інструментів і пристосувань
5. Інші витрати
Усього 6572300 грн

$$\text{ВУЕО} = 500\% \cdot 3O = 5 \cdot 1314460 = 6572300 \text{ грн.}$$

Загальновиробничі витрати складають в середньому 400% до основної заробітної плати та розраховуються за формулою:

$$ЗВВ = ЗО \cdot \frac{\alpha}{100} = 1314460 \cdot 4 = 5257840 \text{ грн.}$$

де α – % загальновиробничих витрат.

Таблиця 5.8 – Кошторис загальновиробничих витрат

Найменування статей
1. Утримання цехового персоналу:
а) ІТП
б) допоміжні робітники, які не зайняті обслуговуванням устаткування
2. Утримання будинків і інвентарю:
а) електроенергія для освітлення
б) опалення
в) вода на побутові потреби
г) допоміжні матеріали
3. Поточний ремонт будинків і інвентарю
4. Амортизація будинків і інвентарю
5. Витрати на іспити, дослідження, раціоналізацію
6. Охорону праці
7. Знос малоцінного інвентарю
8. Інші витрати
Усього 5257840 грн.

Адміністративні витрати вміщують витрати, пов'язані з утриманням адміністративно-управлінського персоналу підприємства, а також утриманням та експлуатацією основних засобів загального виробничого призначення, охорону праці, техніку безпеки персоналу та інші. Адміністративні витрати складають в середньому 400% від основної

заробітної плати основних виробничих робітників та розраховуються за формулою:

$$AB = ZO \cdot \frac{\beta}{100} = 1314460 \cdot 4 = 5257840 \text{ грн.}$$

де β – % адміністративних витрат, 400%.

Калькуляція собівартості продукції складається за формою табл. 5.9.

Витрати на збут складаються з витрат, пов'язаних з реалізацією продукції і вміщують витрати на тару та тарні матеріали, транспортування готової продукції, рекламу, витрати на маркетингові дослідження та інші. Витрати на збут складають 2% від виробничої собівартості і розраховуються за формулою:

$$BZ = C_{\text{в}} \cdot \frac{\gamma}{100} = 19523.65 \cdot \frac{2}{100} = 390,47 \text{ тис. грн.}$$

де $C_{\text{в}}$ – собівартість виробнича, грн.;

γ – % витрат на збут.

Економічний ефект від впровадження нової технології термообробки розраховується за такою формулою:

$$E = (C_{\text{б}} \cdot K) - C_{\text{н}} = (97620 \cdot 1,4) - 123000 = 13668 \text{ грн/т;}$$

Де $C_{\text{б}}$ – собівартість базового виробу, грн./т;

$C_{\text{н}}$ – собівартість нового виробу, грн./т;

K – коефіцієнт експлуатаційного ресурсу (коефіцієнт приведення).

Таким чином, після економічних розрахунків визначено, що собівартість порошкових інструментів дещо підвищиться, проте з огляду на те, що запропонована технологія приведе до зростання експлуатаційних властивостей швидкорізальних інструментів очікується економічний ефект.

Таблиця 5.9 – Собівартість обробки в термічному відділенні термічного цеху

Найменування калькуляційних статей витрат	По проекту			
	На 1 т, грн.	%	Усього, тис. грн.	%
1	2	3	4	5
1. Допоміжні матеріали на технологічні цілі	0.13	0.13	25.65	0.13
2. Технологічна енергія	0.83	0.85	165.00	0.85
3. Основна заробітна плата виробничих робітників	6.57	6.73	1314.50	6.73
4. Додаткова заробітна плата виробничих робітників	2.63	2.69	525.80	2.69
5. Відрахування на соціальне страхування виробничих робітників	2.02	2.07	404.80	2.07
6. Витрати на утримання і експлуатацію устаткування	32.86	33.66	6572.30	33.66
7. Загально-виробничі витрати	26.29	26.93	5257.80	26.93
8. Адміністративні витрати	26.29	26.93	5257.80	26.93
Σ Собівартість обробки	97.62	100.00	19523.65	100.00

Обсяг виробництва при незмінній вартості матеріальних і трудових ресурсів збільшується тільки в результаті зниження собівартості.

Розробка плану організаційно-технічних заходів щодо використання внутрівиробничих резервів ґрунтується на результатах аналізу їхніх джерел і факторів, що впливають на техніко-економічні показники. До найбільш важливих джерел резервів варто віднести зниження матеріальних витрат і підвищення продуктивності праці.

З усього різноманіття факторів, що впливають на техніко-економічні показники, до укрупнених груп можна віднести:

- підвищення технічного рівня виробництва;
- поліпшення організації виробництва.

Зниження матеріалоємності, чи матеріальних витрат — одне з найважливіших джерел розвитку економіки.

ВИСНОВКИ

Мета даної роботи - удосконалення технології, що дозволяє забезпечити максимально можливу червоностійкість у швидкорізальних сталях.

В аналітичному розділі вивчені особливості впливу легування та термічної обробки на структуроутворення швидкорізальних сталей. Розглянуто перспективи виробництва швидкорізальних сталей порошковими технологіями. Також було обрано матеріали та методи дослідження. На основі проведеної в третьому розділі оцінки впливу термічної обробки на структуру і властивості порошкового матеріалу було встановлено, що використання порошкових швидкорізальних сталей і вибір раціональної термічної обробки дозволяє забезпечити найкращі співвідношення властивостей.

Оскільки на сьогодні виробництво вітчизняних порошкових сталей відсутнє була розроблена стандартная технологія термічної обробки швидкорізальних сталей. Для кожної деталі було розраховані маси садок та тривалості нагрівання, витримки і охолодження. На основі отриманих даних була розроблена технологічна карта термічної обробки. Для термічної обробки було підібрано обладнання, складанні завантажувальні відомості і згідно річної програми розрахована його кількість. Також в цьому розділі розглянули можливі дефекти при ТО, їх види, причини появи, заходи по запобіганню та усуненню.

В розділі з охорони праці і навколишнього середовища були проаналізовані потенційні небезпеки в технологічному відділенні механічного цеху машинобудівного заводу та заходи по забезпеченню безпеки, основними з яких є:

- для виключення травматизму, внаслідок незадовільної професійної підготовки фахівців і хибного виконання ними обов'язків, необхідно

залучати до робіт тільки осіб з отриманими знаннями по спеціальності, перевіряти допуск до роботи і медичний огляд;

- для виключення механічних травм із-за неправильної організації робочого місця необхідно своєчасно виконувати атестацію робочих місць і визначати відповідність умов роботи до вимог нормативно-правових актів;

- для виключення ураження електричним струмом необхідно проведення навчань з правил електробезпеки, використання захисного заземлення та занулення, розташування струмопровідних частин на недоступній висоті;

- для виключення втрати герметичності трубопроводів, які подають робочі гази до технологічного обладнання необхідно використання металевих трубопроводів, щодення перевірка герметичності з'єднань омилюванням;

- для уникнення можливості загорянь необхідно дотримуватись правил протипожежної безпеки;

- для забезпечення безпеки персоналу в умовах надзвичайної ситуації необхідною умовою є навчання, проведення інструктажів та тренажів;

Робоче приміщення повинно бути оснащене штучним освітленням, яке рівномірно має заповнювати весь простір. В проекті передбачено визначення необхідного світлового потоку світильників для забезпечення нормованого значення мінімальної освітленості робочої площини.

В економічній частині дипломного проекту розрахована кількість працюючих, вартість основних фондів, собівартість бдлджурозглянутої термічної обробки і заходи по її зменшенню. Найбільш ефективними способом зменшення собівартості є зниження собівартості продукції шляхом впровадження економних технологій виробництва і використання світового досвіду щодо її зменшення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. М. : Металлургия, 1975. 584 с.
2. Барчуков, Д.А. Повышение работоспособности быстрорежущих сталей термомеханическими воздействиями: монография. Тверь: Тверской государственный технический университет, 2014. 100 с.
3. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. М.: Металлургия. 1977. 407с.
4. Малышев, В.И. Технология изготовления режущего инструмента : учеб. Пособие. –Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. 368 с.
5. Инструментальные материалы: учеб. пособие / Г.А. Воробьев и др. СПб. : Политехника, 2005. 268 с.
6. Артингер И. Инструментальные стали и их термическая обработка: Справочник. М.: Металлургия, 1982. 312 с.
7. Порошковая металлургия и напыленные покрытия: Учебник для вузов. / В.Н. Анциферов и др. М; Металлургия, 1987. 792 с.
8. Локтев Д.А. Современные червячные фрезы: конструкция, инструментальные материалы и износостойкие покрытия. *Известия МГТУ «МАМИ»*, 2014. № 1(19). т. 2. С. 140-152
9. Белянчиков Л. Н. Оптимизация процесса водного распыления расплавов. *Электromеталлургия*. 2006. № 4. С. 29-37.
10. Гиршов В. Л. Порошковая быстрорежущая сталь с дисперсной структурой. *Вопросы материаловедения*. 2008. № 2. С. 33-42.
11. Ernst I. C., Duh D. ESP4 and TSP4, a comparison of spray formed with powdermetallurgically produced cobalt free high-speed steel of type 6W-5Mo-4V-4Cr. *Journal of materials science*. 2004. N 39. P. 6831-6834.
12. 4. Гуляев А.П. Теория быстрорежущей стали. *Металлургия*. 1998. №11. С. 27–32.

13. Гиршов В.Л. Порошковая быстрорежущая сталь с дисперсной структурой.*Вопросы материаловедения*. 2008. № 2 (54). С. 33–42.
14. Гиршов В. Л., Тополянский П. А. Металлорежущий инструмент из порошковой стали с дисперсной структурой и алмазоподобным нанопокрывом.*Металлообработка*. 2009. № 1 (49). С. 43–49.
15. Агбалян С.Г., Степанян А.М. Особенности термической обработки порошковых быстрорежущих сталей.*Изв. НАН РА и ГИУА. Сер.: ТН*. 2002. Т. LV, № 3. С. 357–360.
16. Современное состояние производства высокопроизводительного режущего инструмента из порошковых быстрорежущих сталей и твердых сплавов / А.В. Савилов и др. *Вестник ИрГТУ*. 2013. № 6 (77). С. 26–33.
17. Савилов А.В., Пятых А.С. Определение коэффициентов сил резания для моделирования процессов механообработки.*Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук*. 2015. Т. 17. № 2. С. 211–217.
18. Савилов А.В., Пятых А.С., Тимофеев С.А. Современные методы оптимизации высокопроизводительного фрезерования.*Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук*. 2013. Т. 15. № 6 (2). С. 476–479.
19. Далис Е.Дж. Быстрорежущие стали, полученные методами порошковой металлургии. *Порошковая металлургия материалов специального назначения*, 1977. С. 300.
20. Петров, А.К. Структурные особенности и свойства быстрорежущих сталей, полученных методом порошковой металлургии. *Сталь*. 1981. № 6. С. 40–44.
21. Горюшина, М.Н. Термическая обработка и свойства быстрорежущей стали 10P6M5-МП, полученной распылением и горячим экструдированием. *МиТОМ*. 1980. № 9. С. 54–56.
22. Абрамов, О.В. Влияние остаточного кислорода и окисных неметаллических включений на механические свойства быстрорежущей стали 10P6M5-МП. *МиТОМ*. 1986. № 8. С. 35–37.

23. Осадчий, А.Н. Производство порошковой быстрорежущей стали на заводе «Днепроспецсталь». *Сталь*.1981.№11.С.273-274.

24. Алимов, В.И. Регламентируемая ковка порошковой быстрорежущей стали. *Кузнечно-штамповочное производство*.1991.№ 4.С.2-3.

25. Баранов, А.А. О взаимодействии карбидных частиц с поверхностью аустенитных зерен в быстрорежущих сталях.*Изв. АН СССР. Металлы*.1988.№ 3.С.115-116.