

Визначення можливостей підвищення експлуатаційних характеристик інструменту з швидкорізальних сталей

РЕФЕРАТ

ПЗ: 109 с., 22 рис., 31 табл., 34 джерела.

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 карбідосталей. Також було обрано матеріали та методи дослідження. На основі проведеної в третьому розділі оцінки впливу технології отриманні карбідосталей було встановлено, що використання сучасних для виготовлення карбідосталей 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, КАРБІДИ,
КАРБІДОСТАЛЬ, ТЕХНОЛОГІЯ

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Шляхи підвищення експлуатаційних властивостей інструментів зі швидкорізальних сталей	9
1.1 Умови експлуатації ріжучих інструментів	9
1.2 Особливості легування швидкорізальних сталей	11
1.3 Теплостійкість швидкорізальних сталей	19
1.4 Перспективи застосування карбідосталей «швидкорізальна сталь – карбід титану».....	22
1.4.1 Карбідосталі з включеннями карбиду титану	22
1.4.2 Технологія отримання карбідосталей	25
2 Матеріали та методи дослідження.....	35
2.1 Матеріали дослідження	35
2.1.1 Карбід титана	35
2.1.2 Швидкорізальна сталь Р6М5К5	36
2.2 Технологія виготовлення пористих порошкових заготовок.....	38
2.3 Дослідження механічних характеристик	40
2.4 Дослідження мікроструктури.....	42
3 Результати дослідження	43
3.1 Серійна технологія отримання швидкорізальних інструментів.....	43
3.1.1 Номенклатура виробів та маршрутна технологія їх виготовлення.....	43
3.1.2 Розробка режимів та технології термічної обробки	45
3.1.3 Вибір і розрахунки кількості обладнання.....	58
3.1.4 Технічний контроль, попередження й виправлення браку	65
3.2 Дослідження карбідосталей	67

3.2.1 Металографічний аналіз отриманих пресовок карбідосталей.....	67
3.2.2 Металографічний аналіз гарячештапованих карбідосталей	68
3.2.2 Механічні властивості гарячештапованих карбідосталей.....	74
4 Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях	79
4.1 Аналіз потенційних небезпек.....	79
4.2 Заходи по забезпеченню безпеки.....	80
4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	84
4.4 Заходи з пожежної безпеки	87
4.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях	88
4.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	91
5 Економічна частина	94
5.1 Характеристика продукції.....	94
5.2 Економічна ефективність	99
Висновки	101
Перелік посилань.....	103
Додаток А	107

ВСТУП

Сфера застосування зносостійких інструментів і частин охоплює практично всі видобувні галузі, енергетика, металургія, будівельне і Дорожнє устаткування, обладнання, де термін служби деталей визначається зносом. Критеріями вибору бренду інструментального матеріалу є умови роботи і інтенсивність зносу. Слід врахувати необхідність проведення механічної обробки, умов термообробки, економії.

Інтенсифікація виробництва, впровадження нових прогресивних технологічних процесів, сучасного високопродуктивного обладнання (верстатів з ЧПУ, обробних центрів, автоматичних ліній), створення нових важкооброблюваних матеріалів призводить до посилення умов експлуатації ріжучого інструменту і зростанню вимог, що пред'являються до його якості.

Ріжучий інструмент багато в чому визначає ефективність використання як універсального, так і автоматизованого верстатного обладнання. Розвиток технологій машинобудування в значній мірі залежить від технічного рівня інструментального виробництва. Термін служби інструменту, число проміжних перезаточок істотно впливають на вартість готових деталей.

Підвищення працездатності інструменту за рахунок зростання періоду стійкості і надійності є одним з головних резервів підвищення ефективності виробництва. До числа найважливіших чинників, що визначають працездатність ріжучого інструменту, відносять властивості інструментального матеріалу.

Інструментальні матеріали, використовувані для виготовлення ріжучих інструментів, повинні відповідати таким основним вимогам:

- 1) висока твердість, більш ніж в 3 ... 4 рази перевищує твердість оброблюваного матеріалу;
- 2) висока теплостійкість - здатність зберігати необхідну твердість до певної температури;

3) висока зносостійкість при підвищеній температурі - опірність зносу ріжучого клину;

4) високі міцність і формостійкість ріжучого клину.

1 ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ІНСТРУМЕНТІВ ЗІ ШВИДКОРІЗАЛЬНИХ СТАЛЕЙ

1.1 Умови експлуатації ріжучих інструментів

Ріжучі інструменти експлуатуються в складнонапруженому стані.

У процесі різання виділяється велика кількість тепла, діють великі контактні тиски і відбувається інтенсивне тертя між інструментом, заготовкою та стружкою, що обумовлює знос ріжучого інструменту.

При дії контактних напружень і температур в зоні різання починають діяти сили молекулярного зчеплення - адгезія, що виражається в злипанні матеріалу інструменту зі стружкою. Це супроводжується вириванням окремих частин матеріалу інструменту стружкою, що прискорює процес його зношування.

При обробці без мастильно-охолоджувальних рідин переважаючим стає абразивне зношування. Внаслідок дії зазначених факторів відбувається знос різальних інструментів по передній і по задній поверхні.

Ступінь і характер зносу різального інструменту істотно впливають на витрату різального інструменту, якість обробки і розміри деталей.

Ріжуча частина інструментів працює в умовах дуже високих температур, на неї діють високі статичні та динамічні навантаження. Тому інструментальні матеріали повинні володіти таким комплексом властивостей: твердістю, міцністю, зносостійкістю, теплостійкістю і теплопровідністю

Твердість - здатність матеріалу чинити опір впровадженню в нього іншого тіла - дозволяє ріжучому інструменту виробляти роботу по відділенню стружки.

В'язкість - здатність матеріалу чинити опір динамічним ударним навантаженням.

Міцність - здатність чинити опір діючим навантаженням на розтягнення, кручення, згин, стиск тощо.

Зносостійкість - здатність матеріалу чинити опір зношуванню. Чим вище зносостійкість, тим довше різальний інструмент буде зберігати свою гостроту і розміри.

Теплостійкість - властивість матеріалу зберігати свою твердість при високих температурах.

Теплопровідність - здатність відводити тепло - сприяє зниженню температури в зоні різання, поліпшенню умов роботи ріжучого інструменту.

Поряд із зазначеними вимогами інструментальні матеріали повинні, по можливості, містити мінімальну кількість дефіцитних елементів [1].

Стали для ріжучих інструментів повинні мати:

- високу твердість, частіше 63-66 HRC, а для різання важкооброблюваних матеріалів і більше: 66-69 HRC (при обов'язковій доведенні ріжучих граней ділянок, що зазнають підвищені напруги). Така ж висока твердість, але в тонкому поверхневому шарі (отримується шляхом ціанування або азотування), повинна бути у більшості інструментів і для різання конструкційних сталей і чавунів;

- високу міцність і опір малій і пластичної деформації, а для ряду інструментів - можливо кращу в'язкість;

- теплостійкість, якщо різання виконується з підвищеною швидкістю або по важкооброблюваних матеріалів.

Для цієї мети використовують переважно швидкорізальні сталі (P6M5K5, P18, P9), тобто теплостійкі сталі високої твердості з карбідним і інтерметаллідним зміцненням; вони придатні для інструментів, що виконують різання з великою швидкістю, робоча кромка яких нагрівається до підвищених температур (600...640 °C).

1.2 Особливості легування швидкорізальних сталей

Швидкорізальні сталі мають високу теплостійкість (червоностійкість), тобто здатність зберігати мартенситну структуру, і відповідно високу твердість, міцність і зносостійкість при підвищених температурах, що виникають в ріжучій кромці при різанні з великою швидкістю. Ці сталі зберігають мартенситну структуру при нагріванні до 600-620 °С. Тому застосування швидкорізальних сталей дозволяє значно підвищити швидкість різання (в 2-4 рази) і стійкість інструментів (в 10-30 разів) в порівнянні зі сталями, що не володіють теплостійкістю.

Основними легувальними елементами швидкорізальних сталей, що забезпечують їх теплостійкість, є в першу чергу вольфрам і його хімічний аналог - молібден. Теплостійкість підвищується в присутності ванадію і кобальту.

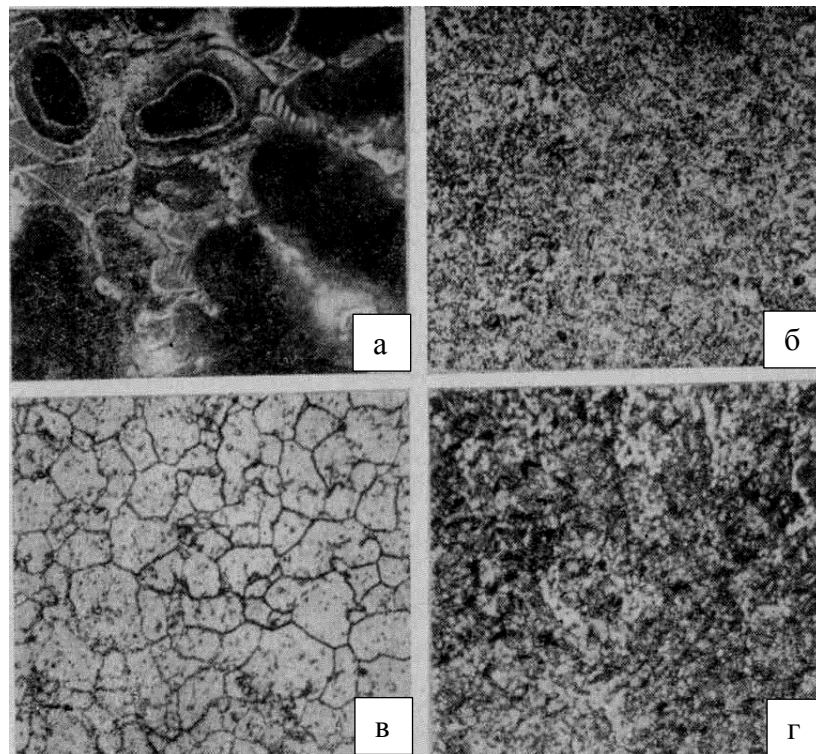
Склади широко застосовуваних швидкорізальних сталей, що мають приблизно однакову теплостійкість і ріжучі властивості приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталей для ріжучих інструментів (ГОСТ19265-73)

Марка сталі	Масова доля елементу, %								
	C	Cr	W	V	Co	Mo	Si	Mn	Ni
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P9	0,85 - 0,95	3,8- 4,4	8,5- 9,5	2,3- 2,7	≤0,5	≤1	≤0,5	≤0,5	≤0,4
P18	0,7- 0,88	3,8- 4,4	17,0- 18,5	1- 1,4	0,5	1	≤0,5	≤0,5	≤0,4
P6M5K5	0,86- 0,94	3,8- 4,3	5,7- 6,7	1,7- 2,1	4,7- 5,2	4,8- 5,3	≤0,45	≤0,4	≤0,6

Швидкорізальної сталі відносяться до карбідного (ледебуритного) класу. Їх фазовий склад в відпаленого стані являє собою легований ферит і карбіди M_6C , $M_{23}C_6$, MC , M_3C . Основним карбідом швидкорізальної сталі є карбід M_6C , в якому також розчинений ванадій. У ферриті розчинена велика частина хрому; майже весь вольфрам (молібден) і ванадій знаходяться в карбідах.

У структурі литої швидкорізальної сталі присутня складна евтектика, що нагадує ледебурит (рис. 1.1, а) і розташовується по границях зерен. В результаті гарячої механічної обробки сітка евтектики дробиться. У сильно деформованій швидкорізальної сталі евтектичних і вторинні карбіди розподілені рівномірно в основний матриці (рис. 1.1, б), що представляє після відпалу сорбітообразного перліт [2].



а - ледебурит в литій сталі; б - деформована і відпалений сталь;
в - загартована сталь; г - загартована і відпущена сталь

Рисунок 1.1 - Мікроструктура швидкорізальних сталей, x500 [2].

Нижче дуже коротко розглянуті особливості впливу основних легувальних елементів в швидкорізальних сталях.

Вплив вольфраму. Задовільні вторинна твердість і теплостійкість мають місце вже при 7-8% вольфраму, однак в карбідних фазах цих сталей багато карбіду $M_{23}C_6$ і недостатньо M_6C , що викликає при гартуванні появу великого зерна і різке зниження міцності і в'язкості. При збільшенні вмісту вольфраму до 12-13% зростає кількість карбідів M_6C ; це помітно покращує стійкість проти перегріву, але параметр гратки карбіду і склад його при цьому не змінюються. Підвищення вмісту вольфраму з 12-13 до 18-20% сприяє різкому зростанню параметра гратки карбіду MC , що свідчить про зростання концентрації вольфраму в карбіді і збільшенні в його гратці числа місць, які заміщаються атомами вольфраму. При збільшенні вмісту вольфраму змінюється і концентрація ванадію в розчині. Вона максимальна і зростає майже в 2 рази при підвищенні вмісту вольфраму з 6 до 13%, що викликано 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 і переходу частини в карбід MC . Ці зміни в складі мартенситу обумовлюють теплостійкість і інтенсивність 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 і вольфраму, є хімічними аналогами, на структурні перетворення, на основні властивості майже однаковий. Температура $\alpha \leftrightarrow \gamma$ -перетворення у молібденових сталях трохи нижче, ніж у вольфрамових.

Після утворення δ - (γ -) фази кристалізація молібденових і вольфрамових сталей протікає по перитектической реакції, але температурна область цього перетворення у молібденових сталях ширше, воно протікає повніше, внаслідок цього до закінчення перетворення зберігається менше рідкої фази. Частина, що залишилася рідина кристалізується при більш низьких температурах (~ на 50 °C) в більш тонку евтектики, тому в деформованій молібденової сталі карбіди дисперсні, що сприятливо позначається на механічних властивостях.

Молібден, як правило, присутній у всіх марках швидкорізальних сталей в кількостях 0,3-1,0%. Це пов'язано з використанням в шихті як відходів вольфрамо-молібденових сталей, так і ферровольфраму, що містить молібден. Присутність молібдену має позитивний вплив 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 інструментальних сталей, як середньо- так високолегованих, його вплив в інструментальних сталях багатогранний і досить складний.

У відпаленої швидкорізальної сталі він присутній в фериті, в карбіді M_6C і утворює карбід $M_{23}C_6$, який повністю розчиняється при відносно низьких температурах гарту, що сприяє насиченню твердого розчину вуглецем і хромом, не впливаючи на розмір зерна. Сприяючи більш повному розчиненню в аустениті карбідів M_6C , хром при утриманні 3,5-4,0% забезпечує необхідні загартованість і прогартованість.

Хром, крім того, підсилює карбідну неоднорідність; вплив 1% Cr внаслідок його меншої атомної маси близький до впливу 3,0-4,0% W, тому вміст хрому необхідно визначати в залежності від вмісту вольфраму. Так, у сталі з 18% W і 0,7-1,0% V необхідні прогартованість і загартованість досягаються при 3,8-4,4% Cr, а у сталі з 12-13% W - при 3,2-3,6% Cr. В останній менше карбідів M_6C , в яких присутній хром. Крім того, в карбіді M_6C з 12% W менше вольфраму, що полегшує його розчинення при нагріванні для гартування.

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

Збільшення вмісту ванадію (до 4,0-5,0%) призводить до різкого збільшення кількості карбіду MC , що, з одного боку, істотно підвищує зносостійкість сталі, а з іншого - знижує міцність, ударну в'язкість і погіршує шліфуємость.

Вплив кобальту. Кобальт - це єдиний легувальний елемент швидкорізальних сталей, найбільш значно підвищує теплостійкість (до 645-650 °C) і вторинну твердість (до 67-70 HRC). Кобальтвміщуючі сталі мають більш високу теплопровідність, тому в однакових умовах різання температура ріжучої кромки інструментів з кобальтвміщуючі сталі на 30-70 °C нижче.

Кобальт, на відміну від вольфраму (молібдену), ванадію і хрому, не утворює карбідів; він присутній в α - і γ -фазах, а також в карбіді M_6C пропорційно його вмісту в сталі. У карбіді M_6C кобальт заміщає частина атомів заліза. Таким чином, вплив його в швидкорізальних сталях зовсім інше, ніж інших легуючих елементів, і воно досить складне. Так, кобальт підсилює стійкість твердого розчину проти разупрочнення 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 і молібдену з мартенситу при відпустці через створюваного їм, мабуть, зменшення розчинності цих елементів в α -фазі, що підсилює дисперсійне твердіння, підвищує вторинну твердість і теплопровідність, але трохи знижує міцність і в'язкість.

Кобальт впливає і на деякі технологічні характеристики. Збільшення його концентрації знижує гарячу пластичність сталей, сприяє збільшенню обезуглероживання при нагріванні в печах, соляних ваннах і тим сильніше, чим більше міститься кобальту в сталі.

Присутність кобальту в сталях сприяє, як вказувалося, підвищенню їх теплостійкості до 645-650 °C за рахунок зростання температур $\alpha \leftrightarrow \gamma$ - перетворення, утруднення коагуляції карбідів [3].

Сталь Р9. Цю сталь застосовують для виготовлення чистових і получистових ріжучих інструментів простої форми, які не потребують великого

обсягу шліфування і призначених для обробки конструкційних матеріалів з міцністю до 900-1000 МПа, для виготовлення свердел методами пластичної деформації, а також деревообробних інструментів.

Сталь Р18 має найбільш високі температури гарту. Її безсумнівні переваги:

- мала чутливість до перегріву, що забезпечує хорошу стабільність основних властивостей (дрібне зерно зберігається при нагріванні в порівняно широкому температурному інтервалі: 127-129⁰С);

- хороша шліфована (при 1-1,5% ванадію).

На рис.1.2, а наведена мікроструктура стали Р18 після гарту з 1240 °С. Зерно аустеніту дрібне з великою кількістю карбідів. На рис. 1.2, б приведена мікроструктура тієї ж стали після гарту з 1280 ° С. Ця температура є оптимальною. Зерно аустеніту кілька укрупнилось, але зате кількість карбідів значно зменшилася, що свідчить про отримання більш легованого аустеніту. Більш високий, ніж оптимальний нагрів призводить до значного зростання зерна, до утворення сітки карбідів, а іноді навіть і до оплавлення і появи евтектичною структурної складової (рис.1.2, в).

Головний недолік стали - велика кількість надлишкових карбідів, що створює значну карбідну неоднорідність, особливо в прокаті великого профілю. Вона має більш високі міцність і в'язкість в прокаті діаметром менше 40-50 мм, але і в цих перетинах вона поступається сталей з меншою кількістю вольфраму.



а



б



в

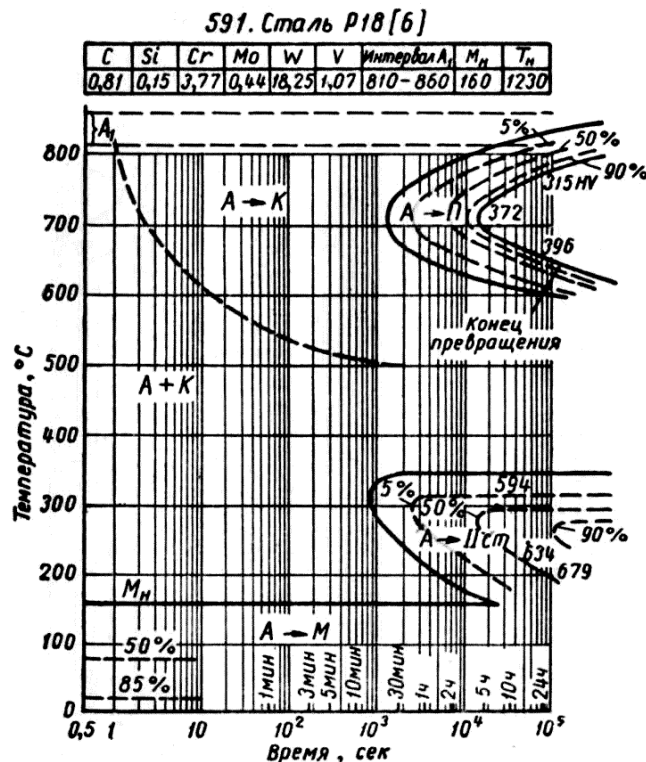
а – 1240°C (недогрів); б – 1280°C (нормальний нагрів); в – 1340°C (перегрів)

Рисунок 1.2 – Микроструктура стали Р18 після гартування, Х500 [4]

З цієї ж причини сталь Р18 має знижену пластичність, що ускладнює виготовлення інструментів методами пластичної деформації. Відносне подовження при 20 °С не перевищує 15 і 17% в прокаті діаметром 50 і 35 мм відповідно.

Поступаючись по червоностійкості (620 °С) і вторинній твердості (HRC 63-65) сталей всіх інших підгруп, Р18 (в профілях до 25-35 мм) перевершує їх по міцності (2800 - 3500МПа), ударній в'язкості (25-30 Дж / см²).

Діаграма ізотермічного перетворення переохолодженого аустеніту стали Р18 представлена на рис.1.3.



конструкційних сталей з міцністю до 900-1000 МПа. Зважаючи на високий вміст вольфраму доцільно використовувати її лише для виготовлення інструментів високої точності, коли використання сталей інших марок обмежується небезпекою перепаду на ріжучої кромці при шліфуванні і заточенню.

Сталь Р6М5К5. Ця сталь - основна марка швидкорізальної сталі підвищеної продуктивності, що застосовується для виготовлення різних чорнових і получістових інструментів (фрез, долбиків, зенкерів, різенарізальних і т. П.), Призначених для обробки вуглецевих і легованих конструкційних сталей на підвищених режимах різання, а також нержавіючих сталей і жароміцних сплавів. Рекомендується замість стали Р18К5Ф, як економічніша і натомість стали Р9К5, як має більш високі (на 25-30%) ріжучі властивості.

Критичні точки для розглянутих сталей представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Критичні точки, °С [7]

Марка сталі	Ac ₁	Ac _m	Ar ₁	Ar _m
P9	820	870	740	780
P18	820	860	725	770
P6M5K5	840	875	765	805

Механічні властивості і червоностійкість сталей представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Механічні властивості і червоностійкість сталей для ріжучих інструментів при кімнатній температурі[6]

Марка сталі	Режим термічної обробки		HRC	Міцність на згин, МПа	Червоностійкість (HRC 58), °С
	t _{зак} , °С	t _{зотп} , °С			
P9	1230	560	62-63	2800-3200	620
P18	1280	560	63-64	2600-3000	620
P6M5K5	1220	560	65-66	2600-3000	630

1.3 Теплостійкість швидкорізальних сталей

Зазвичай всі інструментальні стали проходять випробування на теплостійкість. Для швидкорізальних сталей згідно ГОСТ 5950-2000 (ДСТУ 3953-2000) та ГОСТ 19265-73 теплостійкість визначають температурою додаткового 4-х годинного відпускання (після гарту і основного відпускання) - на твердість не нижче 58 HRC. Методика визначення теплостійкості за температурою додаткового відпускання тривалістю 4 години на задану твердість, відрізняється простотою і дозволяє диференціювати різні марки сталей за цим показником і температурним областям їх можливого (доцільного) застосування.

В даний час існує багато марок сталей (навіть в одній групі) з однаковою теплостійкістю [8, 9]. Наприклад: швидкорізальні стали: P18, P12, P9, P9Ф5, P6M5 характеризуються теплостійкістю 620 °С, а P6M5K5, P9M4K8, P9K5, P12Ф3, P18Ф2 характеризуються теплостійкістю 630°С, що ускладнює вибір марок сталей за прийнятою методикою.

Як відомо [8, 9] інструментальні стали з карбідним зміцненням роззміцнюються при відпусканні головним чином в процесі полігонізації. Полігонізовані ділянки матриці досить стійкі і не рекристаллізуються тривалий час навіть при ізотермічних відпусканнях тривалістю понад 27 годин.

Дослідження теплостійкості проводили на стандартних штампових 5ХНМ, 5ХЗВЗМФС і швидкорізальних сталях звичайного P6M5Ф3, P6M5K5 і порошкового способу виробництва P6M5Ф3-МП, P6M5K5- МП, а також штампових сталей в литому стані з різним характером кристалізації: з перітектикою - 5ХНМЛ і з евтектикою у вигляді ліквацийних ділянок - 5ХЗВЗМФСЛ, 3Х4МНФСЛ, 4Х4МНФСЛ і 5Х4МНФСЛ.

Деякі характерні мікроструктури штампових і швидкорізальних сталей для литого, кованого і порошкового способів виробництва наведені на рис. 1.4. Характеристичні температури, що розділяють області холодної і теплої, теплою і гарячою пластичної деформації визначали при стандартних серіальних високотемпературних випробуваннях зразків при статичному і динамічному вигині в інтервалі температур від 200°C до A_{c1} .

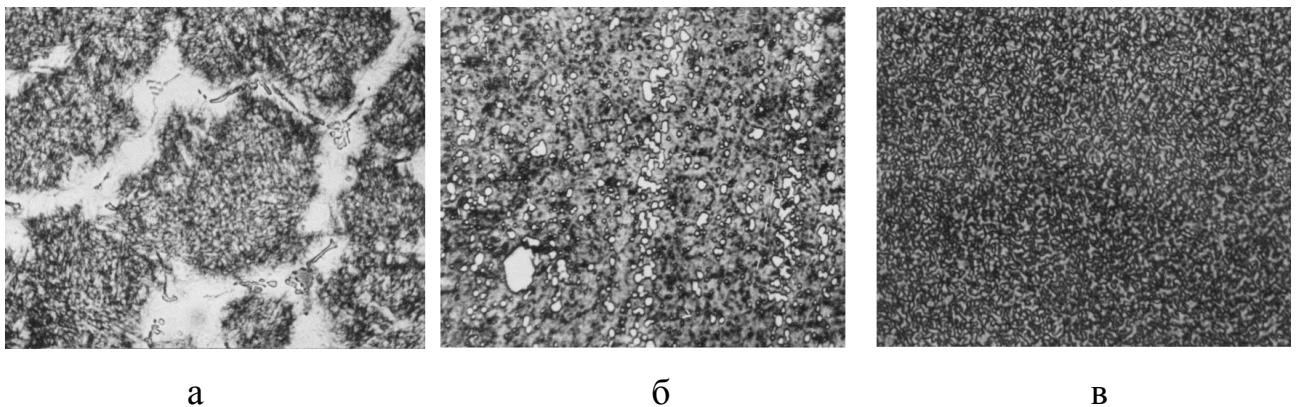
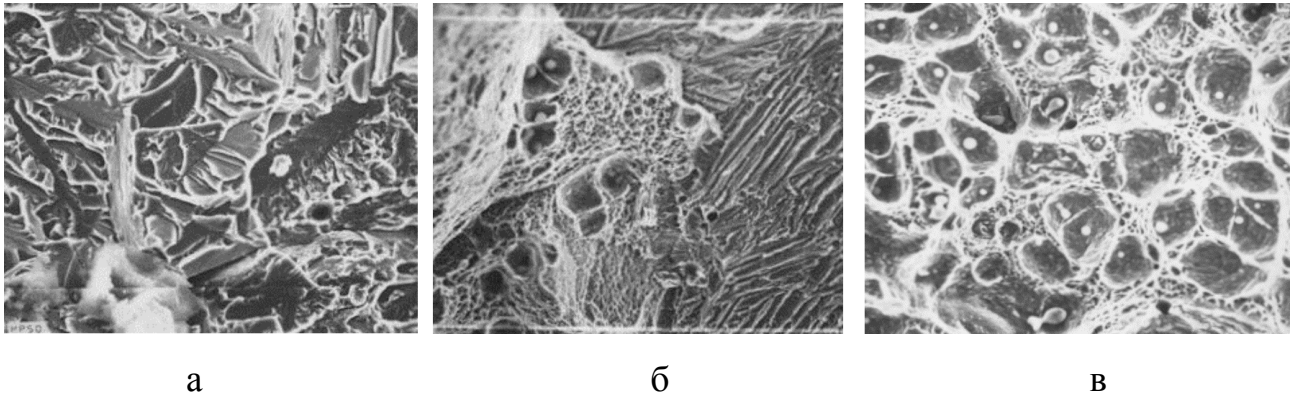


Рисунок 1.4 - Мікроструктури литої штампової сталі 5Х4МНФСЛ (а) і швидкорізальних сталей Р6М5Ф3 і Р6М5Ф3-МП (б і в) звичайного і порошкового способів виробництва, відповідно (х 600)

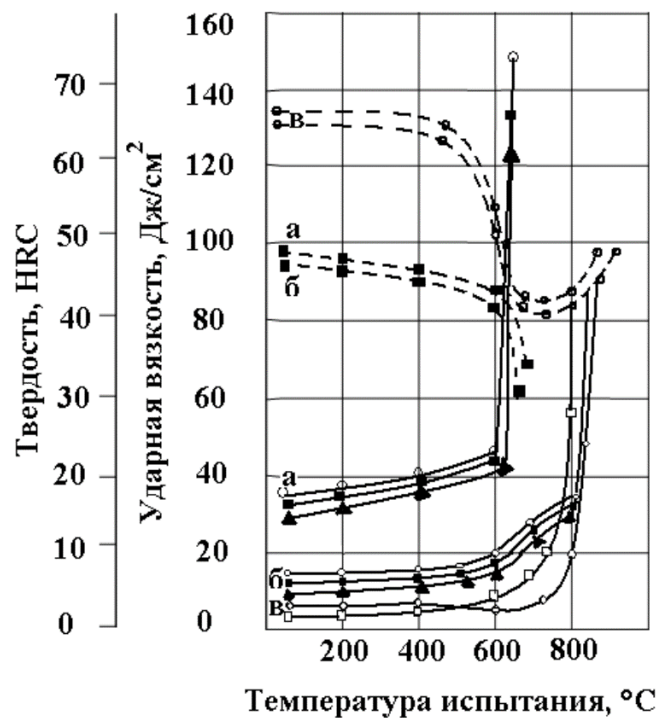
Характеристичні температури, що розділяють області холодної і теплої пластичної деформації в швидкорізальних і штампових сталях для холодного деформування в стані високої твердості і міцності, в інтервалі температур від 200°C до A_{c1} виявляються по зміні механізму руйнування (рис. 1.5) при розгляді поверхні зламу зразків в растровому електронному мікроскопі (РЕМ); коли крихке руйнування сколом (ручейстий візерунок) переходить в в'язке руйнування (чашковий візерунок).

Результати проведення стандартних серіальних високотемпературних випробувань в інтервалі температур від 200°C до A_{c1} на ударну в'язкість представлені на рисунку 1.6.



а - крихке руйнування по границях і тілу дендритів при температурі випробування 25°C ; б - крихке-в'язке руйнування при температурі випробування 500°C ; в - в'язке руйнування по межах і тілу дендритів при температурі випробування 650°C

Рисунок 1.5 - Будова поверхні руйнування зразків сталі 5X3B3MΦCЛ (РЕМ) відпустку при температурі 580°C , $\times 1000$ [10]



--- твердість HRC; - - - ударна в'язкість, Дж/см²; температура відпускання:
 ▲ - 580°C ; ■ - 620°C ; ● - 660°C

Рисунок 1.6 - Зміна ударної в'язкості і твердості HRC від температури випробування кованої 5X3B3MΦC (а), литої сталі 5X3B3MΦCЛ (б) і швидкорізальних сталей (в) P6M5Φ3 (○) і P6M5K5 (□)

1.4 Перспективи застосування карбідосталей «швидкорізальна сталь – карбід титану»

1.4.1 Карбідосталі з включеннями карбиду титану

Розвиток машинобудування в Україні і за кордоном потребує спеціальних композиційних матеріалів з підвищеними зносостійкими, теплостійкими, ріжучими властивостями, здатних витримувати ударні навантаження, працювати в агресивних середовищах. Основним методом отримання таких матеріалів стали методи порошкової металургії. В даний час в якості таких матеріалів починають широко застосовувати карбідосталі [6, 10, 11, 12].

Зарубіжні дослідження в цій області свідчать про перспективність застосування порошкових інструментальних сталей з добавками твердих матеріалів, таких як карбід титану. Властивості карбідосталей унікальні. Вони об'єднують в собі технологічність конструкційних сталей і властивості твердих сплавів. Карбідосталі за своїми характеристиками знаходяться між інструментальними сталями і твердими сплавами. У порівнянні з твердими сплавами при порівнянній твердості (86 - 88 HRA) карбідосталі відрізняються підвищеною міцністю (на 30-40%), меншим коефіцієнтом тертя (на 15-20%), підвищеною ударною в'язкістю (в 2-4 рази), і, що немаловажно, меншою вартістю (на 50-60%).

Що стосується сировини для організації виробництва виробів з карбідосталей, то в Україні розроблені технології і випускаються порошки різних швидкорізальних сталей, є така сировина як оксиди титану і карбиду титану. З точки зору економіки технологічного процесу, певною альтернативою розробленим методам може стати технологія гарячого штампування, яка, як відомо, апробована в Японії при виготовленні виробів з порошків швидкорізальних сталей. Гаряче штампування забезпечує отримання заготовок простої та складної форми без припуску на обробку із заданою густиною і

міцністю. Перспективність технології гарячого штампування карбидосталей доведена ІПМ НАН України.

Карбидосталлями називають композиційний матеріал, який складається з легованої сталі з включеннями карбідів (до 50% за обсягом). За своїми фізико-механічними і експлуатаційними властивостями карбидосталі займають проміжне положення між твердими сплавами і інструментальними сталями. Вони відрізняються властивостями, які не може мати жодна з компонентів, взята окремо.

В композиційних матеріалах поєднуються найкращі властивості різних складових фаз - міцність, пластичність, зносостійкість, мала густина. Карбидосталі складаються з пластичної основи (матриці), що служить матеріалом, і включень у вигляді частинок порошків. Включення забезпечують жорсткість і зносостійкість композицій, а сполучний матеріал - адгезійний зв'язок між складовими, передачу навантаження на частинки наповнювача, а також міцність і пластичність композиту, як єдиного цілого, при впливі механічних та інших навантажень. Іноді сполучний матеріал охороняє наповнювач від агресивного впливу навколишнього середовища.

Фізико-механічні властивості таких матеріалів залежать не тільки від кількості твердих включень і сполучного матеріалу, їх фізико-хімічних властивостей, а й від їх взаємного розташування, розмірів, міцності адгезійного зв'язку на кордоні включень і сполучного матеріалу. Твердість карбидосталей в основному характеризується матеріалом (металом-основою).

Термічної обробка карбидосталей дозволяє отримувати вироби з високою твердістю і зносостійкістю в поєднанні з досить високою пластичністю і в'язкістю, що характеризується досить великим вмістом металу-основи в поєднанні з високоізносостойкімі твердими включеннями.

В даний час є дані про використання в якості твердих включень в сполучною матриці таких матеріалів як карбід титану, карбід вольфраму, карбід титану, легований хромом або азотом, карбонітриду титану, карбід хрому [12, 13]. Є дані, що заміна твердих включень карбід вольфраму WC на карбід титану

TiC з одного боку призводить до зменшення теплопровідності карбідосталі, зростання коефіцієнта термічного розширення, зниження в'язкості, пластичності, жароміцності і зниження абразивної зносостійкості, однак, з іншого боку збільшується жаростійкість, знижується коефіцієнт тертя ковзання по металевим матеріалами і найважливіше - знижується вартість.

Заміна карбіду титану TiC на карбід хрому Cr_3C_2 значно знижує твердість, зменшуються в'язкість, пластичність, жароміцність. Заміна карбіду титану TiC на карбід титану, легований хромом або азотом, приводить до збільшення фізичних, механічних і технологічних властивостей одержуваної карбідосталі, однак, при цьому значно збільшується і її вартість через технологічної складності легування карбіду титану [14]. Вибір матеріалу-основи карбидосталей, в першу, чергу обумовлюється необхідними умовами роботи одержуваних з них виробів. Однак, загальна тенденція для підвищення фізико-механічних властивостей - це застосування матеріалу-основи, здатного забезпечити хорошу змочуваність застосовуваних в ній твердих включень. Спочатку застосовували вуглецеві сталі, проте, їх застосування не дозволяло значно підвищити твердість одержуваних карбидосталей, тому дослідження були спрямовані на отримання карбидосталей з використанням нержавіючих сталей типу X18H15, X13M2, X12M, швидкорізальних сталей типу P18, P6M5, легуваними типу X4H2M8, X6B3M, 5X6BM2 і ін. [12].

У роботах С.С. Кипарисовий і В.К. Нарви досліджено вплив інтенсивності зносу від металу-основи: якщо її міцність низька, тверді включення можуть фарбуватися. Випробування проводили за принципом торцевого тертя [15]. Тертя проводили при кімнатній температурі без застосування мастила і в рідкому азоті. Результати зносу представлені в таблиці 1.4.

Фізико-механічні властивості карбидосталей залежать не тільки від кількості твердих включень і сполучного матеріалу, їх фізико-хімічних властивостей, а й від їх взаємного розташування і розмірів включень і сполучного матеріалу.

Таблиця 1.4 - Зносостійкість карбидосталей при терті без змащення

Марка карбидосталі	Вміст TiC, %	Швидкість ковзання, м/с	Питоме навантаження, МПа	Інтенсивність зносу I мк/км, і коефіцієнт тертя f			
				При кімнатній температурі		В рідкому азоті	
				I	f	I	f
TIC-X12M	40	1,1	2,0	0,48	0,12	0,24	0,09
			2,5	0,48	0,11	0,28	0,08
			3,0	0,61	0,11		0,07
	30	1,1	2,0	0,48	0,13		0,10
			2,5	0,48	0,12		0,08
			3,0	0,72	0,12		0,07
	35	1,1	2,0	0,24	0,11		0,08
		1,1	2,5	0,48	0,10		0,07
		1,1	3,0	0,48	0,09		0,06
TIC-X4H2M8	30	1,1	2,0	0,24	0,12	0,24	0,09
		1,1	2,5	0,48	0,11	0,48	0,08
		1,1	3,0	0,72	0,09		0,07
		1,1	3,0	0,72	0,09		0,07

В даний час основними методами отримання формовок карбидосталей є - холодне ущільнення з застосуванням пластифікаторів, статичне пресування, холодне ізостатичне пресування, динамічне пресування. Зі збільшенням часу розмолу порошків карбидосталей не тільки зменшується їх розмір, а й погіршується їх сипучість, формуємість і пресуємість. Для усунення цих недоліків до порошків додають зв'язку (пластифікатор) з наступним сушінням і гранулюванням.

1.4.2 Технологія отримання карбидосталей

На фізико-механічні та експлуатаційні властивості композиційних матеріалів сильно впливає і технологія, що забезпечує отримання заготовок. Порошкові карбідосталі можуть бути отримані з використанням різних технологій, які значно відрізняються впливом на оброблюваний матеріал. Це рідкофазне спікання [16, 17], гаряче ізостатичне пресування [10, 12], просочення [13], гаряче пресування [18], гаряче штампування [19].

Найбільше промислове застосування знайшов метод рідкофазного спікання, що дозволив отримати досить велику номенклатуру щільних порошкових матеріалів на основі заліза, що володіють високою міцністю, в'язкістю, твердістю і зносостійкістю [20-22]. На кінцеві властивості одержуваних виробів методом рідкофазного спікання значно впливає застосування тієї, чи іншої захисного середовища [13]. Так, є дані, що карбід титану в середовищі водню незадовільно змочується металами. Це призводить до низьких фізико-механічних властивостей одержуваних виробів з карбідосталей на його основі, спечених в аргоні, нерівномірного розподілу густини і високої залишкової пористості.

При спіканні у вакуумі відбувається зневуглицювання зерен карбіду титану внаслідок його взаємодії з кисневмісними газами, які з'являються через відновлення оксидів металу-основи. Це призводить до збільшення вільного вуглецю у карбіді титану і зменшення пов'язаного. Компенсують цей процес введенням в шихту додаткової кількості вуглецю або рідкофазним спіканням карбідосталей в графітових контейнерах. При виготовленні карбідосталей на основі карбіду титану рекомендується користуватися печами з вольфрамовими або молібденовими нагрівачами. У цьому випадку з'являється можливість відновлення оксидів металу основи при високих температурах понад 1180 К і додатково введений в шихту графіт утворює атмосферу СО, яка відновлює і навуглицює не тільки металоснову, а й карбід титану TiC [23].

Порівняльні фізико-механічні характеристики карбидосталей, отриманих методом жидкофазного спікання, різного хімічного складу при наступному

співвідношенні розмірів частинок порошків - карбід титану TiC 2..3 мкм, метал-основа - в середньому 20 мкм представлени в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Фізико-механічні властивості карбідосталей

Карбідосталь	Вміст TiC, %	Твердість, HRC		$\sigma_{сж}$ МПа		$\sigma_{из}$, МПа	a_n , кДж/м ²
		Після відпалу	Після гарту	Після відпалу	Після гарту	Після гарту	Після гарту
TiC-X12M	50	42	74	1800	3100	2200	
	40	40	70	1600	2500	2000	
	30	29	64	1400	2000	1700	
TiC-X4H2M8	40	50	70	1800	3000	1800	
	35	46	68	1600	2600	1600	
	30	42	66	1300	2200	1400	
TiC-8X10M3	33		46...70			1940	43
TiC-4X5HM4	30		38...68			3300	8
TiC-H18M5K9T	33		50...63			2250	
TiC-X22H30GT	34,3		45...54			1750	
TiC-X18H12	52					1860	
		56 - без термообработки					
TiC-X14ДНМ3Ф	33		45...71		3600	1900	
TiC-P6M5K5	20		HRA 88			1400... 1700	
TiC-6X2BMФС	20	38...42	HRA 88			1400... 1800	80...120

Найбільш відомою фірмою, що спеціалізується на виробництві виробів з карбидосталей з твердими складовими з карбіду титану до 45 об. %, є фірма Ferro-TiC® SBC (США) (табл. 1.6) [25].

Таблиця 1.6 - Карбідосталі фірми Ferro-TiC® SBC (США) [24]

Марка	об. % TiC	Тип матричної складової	HRC		Робоча температура макс., С	Густина, г/см ³
			відпал	гарт		
С	45	Середньолегована інструментальна сталь	44	70	190	6,60
СМ	45	Високохромиста інструментальна сталь	48	69	524	6,45
СМ-25	25	Те саме	32	66	538	
СНW-45	45	Теплостійка	45	64	538	7,00
СНW-25	25	інструментальна сталь	30	61	538	6,45
СS-40	45	Неіржавіюча сталь	50	68	370	6,45
SK	35	Інструментальна сталь з високою ударною в'язкістю	38	62	538	6,80
PK	42	Марганцева сталь	50	61	450	6,6
MS-5A	41	Жароміцний сплав на основі мартенситної сталі	48	61	450	6,55

Фірма Deutsche Edeltahlwerke GmbH (Німеччина) виробляє вироби, що складаються з 30 - 34 мас. % Карбіду титану і різних матричних складових з легованих сталей, звані Ferro-Titanit (табл. 1.6) [25]. За даними роботи кількість твердих включень в карбидосталі значно впливає на їх змочуваність металом-

основою, тому, для отримання щільних заготовок необхідно збільшувати температуру спікання зі збільшенням кількості твердих включень. Так, для карбідосталі з карбідом титану в кількості 5-10% достатня температура спікання 1260⁰С, а для карбідосталі з карбідом титану в кількості 15% - 1280⁰С, а при збільшенні до 25% - вже 1320 ⁰С.

Таблиця 1.6 - Карбідосталі Ferro-Titanit, вироблені Deutsche Edeltahlwerke GmbH [25]

Марка	мас. % TiC	Тип матричної складової	HRC		Структура після термообробки	Густина, г/см ³
			відпал	гарт		
C - Spezial	33	Легована сталь (C - 0,65 %, Cr-3%, Mo - 3 %)	49	69	Карбід титану + мартенсит	6,5
WFN	33	Теплостійка сталь (C - 0,75 %, Cr- 13,5%, Mo - 3 %)	51	69	Карбід титану + мартенсит	6,5
S	32	Високолегована сталь (C - 0,5 %, Cr - 19,5 %, Mo-2%)	51	67	Карбід титану + мартенсит	6,5
Nicro 128	30	Високолегована сталь (Cr-13,5%, Co - 9 %, Ni - 4 %, Mo - 5 %)	53	62	Карбід титану + нікелевий мартенсит	6,6
Nicro 143	30	Високолегована сталь (Ni-15%, Co- 9%, Mo - 5 %)	53	63	Карбід титану + нікелевий мартенсит	6,7
U	34	Неіржавіюча сталь (Cr- 18%, Ni -12%, Mo-2%)	51		Карбід титану + аустенит	6,6

Процес рідкофазного спікання супроводжується утворенням в заготовках залишкової пористості, яка впливає на фізико-механічні властивості карбідосталі. Для зменшення залишкової пористості при рідкофазному спіканні значну роль грає температура процесу, яка повинна забезпечити достатню смачиваемість твердих включень металом-основою, тобто забезпечити достатню кількість присутності рідкої фази. Однак, подальше збільшення кількості рідкої фази веде, навпаки, до зниження властивостей, так як починають рости зерна металу-основи карбідосталі, тому отримання високоплотних заготовок при Рідкофазний спекании досить важко керований процес.

Альтернативою рідкофазного спікання в технології отримання карбидосталей є метод просочення карбідного каркаса сталевим розплавом. Більшість матеріалів, отриманих за цим методом, мають більш високою щільністю і ударною в'язкістю, в порівнянні з матеріалами, отриманими пресуванням і рідкофазним спіканням [16].

Метод просочення полягає в попередньому спіканні каркаса з твердих включень з подальшим просоченням розплавом металу. Просочені по оптимальних режимах зразки зберігають свою форму і, на відміну від технології рідкофазного спікання, початкові розміри, не мають здуття і напливів.

Однак фахівці в області карбидосталей сходяться на думці, що застосування як технології рідкофазного спікання, так і просочення пористого карбідного каркаса розплавом металу поряд із забезпеченням високої густини заготовок, викликає істотне огрубіння структури, зростання карбідного і аустенітного зерна і, як наслідок, призводить до зниження показників фізико-механічних і експлуатаційних властивостей матеріалу. Дані недоліки привели до дослідження технологій, заснованих на використанні гарячої обробки тиском.

Так, інститутом «УкрНДІспецсталь» (Україна) розроблена дослідно-промислова технологія отримання карбидосталей з використанням гарячого ізостатичного пресування і гарячої екструзії [26]. Технологічний процес гарячого ізостатичного пресування складається з наступних операцій: приготування шихти; засипки шихти в капсулу, заповнення капсули аргону і її герметизація, віброущільнення капсули, гаряче ізостатичне пресування, видалення капсули.

Гаряче ізостатичне пресування проводять при порівняно невисоких тисках (70-210 МПа) і значних діапазонах температур (973-2573 К), що дає можливість пресувати будь-які металеві порошки практично до щільності компактного матеріалу (1623 К, 100 МПа). Вироби після газостатичного пресування відрізняються ізотропністю властивостей, високою чистотою, рівномірним розподілом густини, а також дрібнозернистістю і гомогенною структурою. З економічної точки зору метод ізостатичного пресування порівняно дорогий і тому його доцільно застосовувати для отримання матеріалів і виробів спеціального призначення (жароміцних, жаростійких, швидкорізальних сталей).

Для отримання конструкційних матеріалів і виробів загальномашинобудівного призначення метод практично не застосовується. Технологія екструзії відрізняється від гарячого ізостатичного пресування тим, що капсулу після віброущільнення піддають гарячому екструдуванню. В результаті виходять великогабаритні прутки, які піддають відпалу і різанню. Екструзію проводять при температурах характерних для твердофазного механізму спікання. Вважається, що процеси зсуву і ковзання, що виникають при закінченні, можуть підсилити зчеплення між частинками металеві основи. Зсувні навантаження підвищують ступінь ущільнення матеріалу, оскільки опір поверхні пір зрушення менше, ніж опір стисненню або розтягуванню.

Екструдування заготовок із залізного порошку дає можливість отримати стовідсоткову щільність при температурі 1173-1573 К, при ступеня обтиску, що дорівнює 4-8. З економічної точки зору гаряча екструзія також порівняно

дорога. При екструзії має місце низька стійкість прес-інструменту, нерівномірність властивостей по перетину і довжині виробу, порівняно велика частина матеріалу йде у відходи, внаслідок необхідності значної механічної обробки, яка до того ж для більшості карбидосталей утруднена. З економічної точки зору найбільш перспективним може стати методом гарячого штампування [27].

Найбільш важливими факторами, що знижують вартість, є і зменшення числа ударів при штампуванні до одного, зниження тиску і температури штампування, велика стійкість штампів, зменшення відходів матеріалу, зменшення або відсутність оздоблювальних операцій, підвищення надійності роботи обладнання. На дослідному заводі Інституту «УкрНДІспецсталь», м. Запоріжжя, були отримані заготовки з карбидосталей на основі швидкорізальної сталі Р6М5К5 (марка КСТ-1) і штампової сталі 6Х6В3МФС (КСТ-2) методами гарячої обробки тиском.

У порівнянні з американськими і німецькими, ці карбідосталі мають знижений вміст карбіду титану - до 20% (мас.). Знижений вміст карбіду титану в карбідосталі дозволило поліпшити її різанням. У таблиці 1.7 представлені хімічні властивості карбидосталей марок КСТ-1 і КСТ-2.

Таблиця 1.7 - Хімічні властивості промислових карбидосталей [76]

Карбідосталь	Вміст елементів, % (мас.)							
	С	Cr	W	Mo	V	Co	Si	Ti
КСТ-1	4,5-	3,0-	4,8-	3,8-	1,3-	3,8-	-	15-
(Р6М5К5 - КТ20)	5,0	3,5	5,8	4,3	1,8	4,3		17
КСТ-2	4,0-	4,4-	2,0-	0,4-	3,8-	-	0,5-	15-
(6Х6В3МФС - КТ20)	4,5	5,3	2,6	0,7	4,3		0,8	17

Карбідосталі Р6М5К5 - 20% TiC і 6Х2ВМФС - 20% TiC мають високий рівень фізико-механічних властивостей: твердість до 89 HRA, межа міцності до 2500 МПа, ударна в'язкість до 8 Дж / см². Рівномірний розподіл карбіду титану

в матриці дозволяє проводити механічну обробку матеріалу після відпалу. Основні переваги представлених карбидосталей - висока теплостійкість (до 670 °С), відносно низький коефіцієнт тертя, висока стійкість проти адгезії при обробці матеріалів, незначна зміна розмірів при термічній обробці, можливість виготовлення великогабаритних заготовок. У порівнянні зі сталями питома вага карбидосталей менше на 12%, твердими сплавами - на 50%. Використання методу гарячого штампування промисловістю пояснюється можливістю отримання високоплотних виробів складної форми і зниженням вартості процесу в порівнянні зі штампуванням заготовок з прокату. Найбільш важливими факторами, що знижують вартість, є і зменшення числа ударів при штампуванні до одного, зниження тиску і температури штампування, велика стійкість штампів, зменшення відходів матеріалу, зменшення або відсутність оздоблювальних операцій, підвищення надійності роботи обладнання.

Широке впровадження методу гарячого штампування пов'язано зі створенням спеціалізованого обладнання. Поруч зарубіжних фірм розроблені і виготовляються безперервні автоматичні лінії штампування спечених заготовок. Гаряче штампування - складний технологічний процес, економічно вигідний лише в масовому виробництві виробів. Хоча при виготовленні деталей простої форми і забезпечує 8-11 квалітети точності розмірів, проте в разі деталей складної форми часто доводиться залишати припуск на обробку; стійкість інструменту нижче в порівнянні з холодним пресуванням. Тому для певної номенклатури деталей доцільно застосовувати інші методи формування, наприклад, імпульсні методи, які також забезпечують досягнення високої щільності.

Таким чином, існують і застосовуються промислові технології подрібнення порошків швидкорізальних сталей і карбідів, в промислових масштабах реалізована технологія отримання карбидосталі із зазначених порошків методами гарячого ізостатичного пресування і гарячої екструзії. У промисловому виробництві застосовується карбидосталей «швидкоріжуча

сталь Р6М5К5 - 20% ТсС (мас.)». Досвід застосування даної карбидосталі показав, що вказане зміст карбіду оптимально.

В порошковій металургії міцне місце зайняла технологія гарячого штампування порошкових матеріалів, що дозволяє найбільш економічно вигідно досягти високої щільності і міцності виробів конструкційного призначення. Встановлення закономірностей процесу гарячого штампування карбидосталей без попереднього спікання є доцільною науковою задачею, а розробка технології отримання зносостійких виробів конструкційного призначення методом гарячого штампування є актуальною практичною задачею.

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Матеріали дослідження

2.1.1 Карбід титана

Обраний для дослідження карбід титану відноситься до металоподібних з'єднань. Карбід титану відноситься до групи карбідів перехідних металів, володіє металевим характером провідності, має одну з найбільшою в даній групі мікротвердістю 29,0 ГПа, високою температурою плавлення близько 3000 °С і низькою щільністю 4,74 г/см³, в той же час крихкий, має низьку теплопровідність і змочуваність. Фізичні та технологічні властивості вихідного порошку TiC представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Фізичні та технологічні властивості вихідного порошку TiC

Розмір часток, мкм	Плинність, с	Ущільнювальніс ть	Формуємість	Насыпна густина, г/см
середній - 5,5 max - 14,57 min - 1,43	Не тече	3,33 г/см ³ при р _{ист} 560 МПа	Формується	1,5

Карбід титану TiC в промисловості отримують науглероживанием дешевого і доступного порошку оксиду титану при високих температурах близько 2000 °С твердим вуглецем або вуглецьвміщувальними газами [28]. Є дані, що в порівнянні з карбідом вольфраму WC карбід титану TiC з одного боку має меншу теплопровідність, досить погану змочуваність, великий коефіцієнт термічного розширення, меншу жароміцність і меншу абразивну зносостійкість, однак, з іншого боку меншим коефіцієнтом тертя ковзання по металевим матеріалами і найважливіше - меншою вартістю. Порошок карбіду титану TiC досить легко подрібнюється, особливо в атриторах [29]. На рисунку 2.1 наведено хімічний склад вихідного порошку карбіду титана в стані

вільної засипки і представлена його структура, зроблена на електронному мікроскопі.

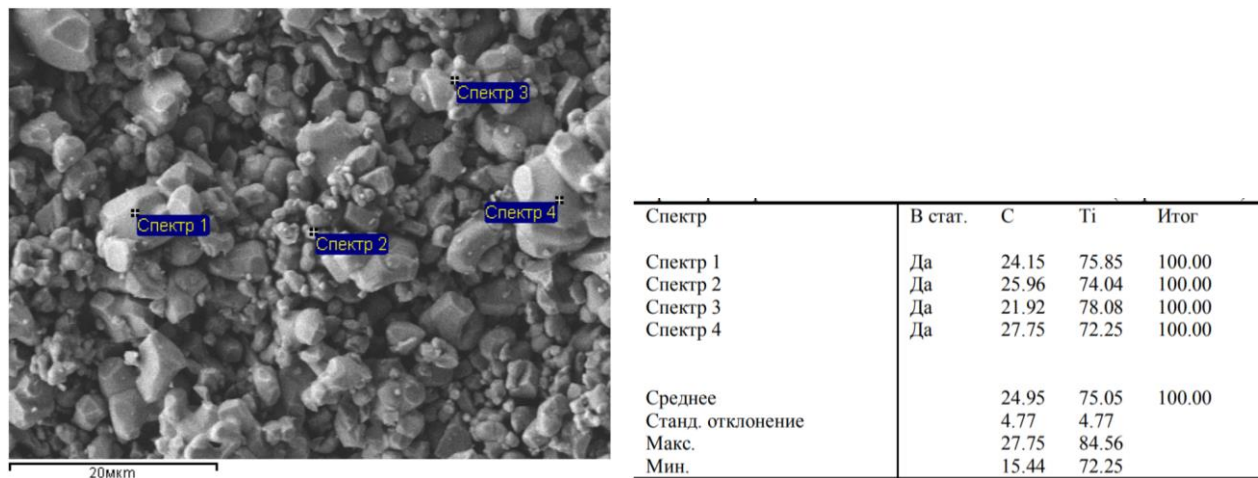


Рисунок 2.1 - Вихідний порошок карбіду титану TiC (ваг.%)

Незважаючи на зазначені недоліки переваги карбіду титану вище з точки зору промислового застосування, тому в даній роботі досліджуються карбідосталі саме на основі карбіду титану.

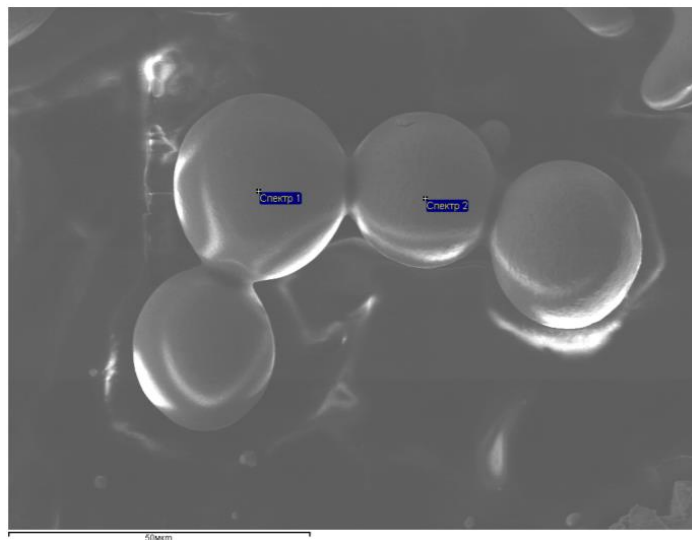
2.1.2 Швидкорізальна сталь Р6М5К5

Як метал-основи для досліджуваної карбідосталі обраний промислово випускається порошок швидкорізальної сталі Р6М5К5. Аналіз наявних сучасних даних свідчить про можливість і необхідність використання гетерогенної структури з рівномірно розподіленими твердими включеннями в металевій матриці.

Металева матриця служить для зниження напруги і забезпечення пластичності матеріалу, а тверді включення для забезпечення високої зносостійкості, а в ряді випадків і для зниження коефіцієнта тертя. Однією з основних вимог забезпечення високих фізико-механічних властивостей матеріалу є хороша адгезія твердих включень і металевої матриці, що входять

до його складу, інакше при збільшенні навантаження на вироби, отримані з нього, тверді включень не можуть втриматися в металевій матриці, і відбувається додаткова абразивний навантаження на матеріал, в тому числі і не стягнутого в матриці частинками твердих включень, що призводить до катастрофічного зносу матеріалу.

У даній роботі використовувався порошок швидкорізальної сталі Р6М5К5, отриманий методом розпилення розплаву азотом. Якість розпорошеного порошку сталей залежить від кількості кисню в них, який потрапляє в сталь як в процесі поверхневого окислення частинок в процесі розпилення, так і розчиненням кисню в рідкому металі, наявністю в ньому шлакових і неметалевих включень. Для збільшення якості розпорошеного порошку (зниження кисню в ньому) його піддають відпалу, який дозволяє знизити вміст кисню до 0,02%. Хімічний склад порошку швидкорізальної сталі Р6М5К5 до відпалу представлений на рисунку 2.2.



Спектр	В стат.	C	V	Cr	Fe	Co	Mo	W	Итог
Спектр 1	Да	1.42	2.11	3.45	75.92	5.15	4.72	7.24	100.00
Спектр 2	Да	1.08	1.69	4.31	77.46	4.32	5.61	5.52	100.00
Суммарный спектр	Да	1.05	1.89	4.12	75.36	5.98	5.20	6.40	100.00
Среднее		1.18	1.90	3.96	76.25	5.15	5.18	6.39	100.00
Станд. отклонение		0.21	0.20	0.45	1.09	0.83	0.45	0.86	
Макс.		1.42	2.11	4.31	77.46	5.98	5.61	7.24	
Мин.		1.05	1.69	3.45	75.36	4.32	4.72	5.52	

Рисунок 2.2 – Вихідний порошок сталі Р6М5К5 (ваг.%)

Вихідний порошок швидкорізальної сталі Р6М5К5 складається з частинок досить різних за розміром різного розподілу. Дослідження гранулометричного складу швидкорізальної сталі Р6М5К5 представлено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Гранулометричний склад швидкорізальної сталі Р6М5К5

Діапазон часток, мкм	-830 +630	-630 +400	-400 +200	-200 +100	-100
Кількість фракції, % (мас.)	3,7	7,2	41,8	23,0	24,3

Гранулометричний склад порошку після відпалу майже не відрізняється від вихідного [30]. Насипна густина порошку - 4,64 г / см³; плинність - 12,5 г/с. Порошок не формується, оскільки частинки мають сферичну форму. Властивості вихідного порошку представлені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Фізичні та технологічні властивості порошку сталі Р6М5К5 Ф

Фізичні і технологічні властивості				
Розміри часток мкм	Насипна густина, г/см ³	Плинність, г/с	При тиску 600 МПа	
			Уплотнюємість, г/см ³	Формуємість
-830	4,64	12,5	6,33	Не формується

2.2 Технологія виготовлення пористих порошкових заготовок

Технологічний процес отримання виробів з карбидосталей гарячої штампуванням пористих порошкових заготовок, спресованих ударним способом з неформующих порошків, який схематично представлений на

рисунку 2.3. Ключовими операціями цього технологічного процесу є холодне ударне формування заготовки, її нагрівання і подальше штампування. У порівнянні з промисловими технологіями гарячого штампування порошкових виробів, дана схема має деякі особливості.

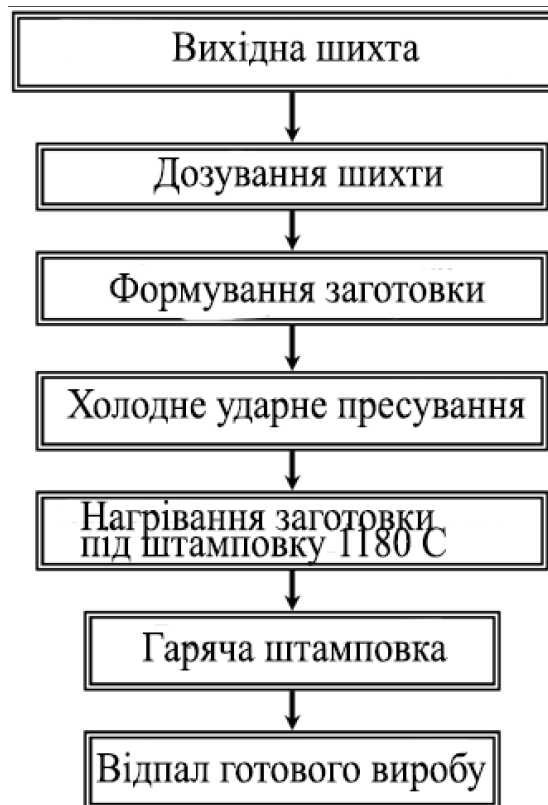


Рисунок 2.3 - Технологічна схема отримання виробів гарячим штампуванням

Особливістю виготовлення заготовок з розмеленої шихти карбідосталі, є відсутність у неї (шихти) плинності і формуємості. Тому доцільно використовувати метод холодного ударного пресування заготовок з порошків карбідосталі.

Особливістю нагріву заготовок під штампування є необхідність його здійснення в захисному середовищі (азот, аргон, водень). За даними роботи [31] рекомендується температура нагріву до 1180 °C. При такій температурі ще не встигає утворитися рідка фаза. Схема відпалу наступна: нагрів до 850 ... 860 °C, витримка 2 ... 3 години, охолодження до 730 ... 740 °C зі швидкістю 20 ... 30 °C /

год, витримка 4 ... 6 годин, охолодження зі швидкістю 30 ... 40 °С / ч до 600 °С, охолодження з піччю до 300 °С, далі охолодження на повітрі. Після гарячого штампування і відпалу виріб можна піддавати чистовій механічній обробки.

Технологічна схема виготовлення заготовок без використання зв'язок повинна передбачати попередню подпресовку карбідосталі з подальшим ударним пресуванням. Необхідно нагадати, що при статичному пресуванні шихта карбідосталі «швидкоріжуча сталь - карбід титану» має низьку пресуємость (рис. 2.4).

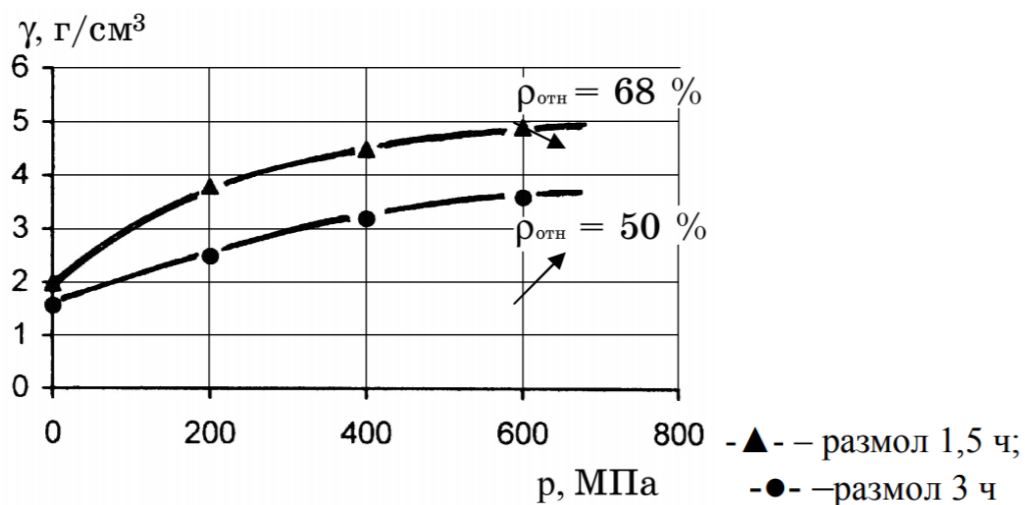


Рисунок 2.4 – Пресуємость суміші «швидкоріжуча сталь Р6М5К5 - карбід титану»

2.3 Дослідження механічних характеристик

Дослідження міцності крихких і малопластичних матеріалів, зокрема порошкових композиційних матеріалів таких як карбідосталі, проводять шляхом випробувань на поперечний розрив (вигин), а також на ударну в'язкість [32]. Тимчасовий опір поперечному розриву зразків при випробуванні на вигин описує міжнародний стандарт ISO 2740.

Ударну в'язкість зразків (без надрізу) визначали через ударний вигин відповідно до стандарту ISO 5754.

Відповідно до стандарту ISO 4498, що визначає методи вимірювання твердості спечених металевих матеріалів без термічної обробки та матеріалів після термічної обробки з рівномірною твердістю на глибині не менше 5 мм від поверхні, спочатку твердість визначають за допомогою випробувань на твердість за методом Віккерса з навантаженням 49,03 Н (HV 5 клас твердості). Далі, за отриманими даними визначають умови подальших випробувань на твердість за методом Роквелла (HRA або HRCE) з застосуванням індентора у вигляді конуса (120 °C).

Характеристики пружності і пластичності. Упругопластические властивості матеріалів характеризують показники: твердість (по Мейеру або Вікерсом), модуль Юнга, пластичність. Для особливо твердих і крихких матеріалів розроблений метод локального навантаження жорстким індентором [33].

Зносостійкість карбідосталі вивчали за допомогою універсальної машини тертя моделі 2070 СМТ-1. Дана машина дозволяє провести випробування за двома схемами: контакт з циліндричної поверхні (схема а) і контакт з «лінії» (схема б) (рис. 2.5). Випробування на зносостійкість проводять за схемою а. Схема б застосовується для оціночних випробувань на знос.



Схема а - контакт з циліндричної поверхні; Схема б - лінійний контакт; 1 - випробуваний зразок; 2 - контртіло

Рисунок 2.5 Схеми випробування зносостійкості карбідосталі:

Випробувальна машина моделі 2070 СМТ-1, складається з випробувальної установки (рис. 2.5, а) і пульта управління з реєструючими пристроями (рис. 2.5, б). Машина працює за наступним принципом: циліндричні зразки обертаються в протилежних напрямках і туляться один до одного зусиллям, регульованим натяжна пружиною за допомогою натяжної гвинта. Особливістю даної установки є можливість проведення випробувань у випробувальній камері в різних середовищах.

2.4 Дослідження мікроструктури

Мікроструктуру досліджували з допомогою оптичного мікроскопу Carl Zeiss. З його допомогою було визначення особливості структури двофазних титанових сплавів. Для дослідження зразки шліфували, полірували і піддавали щавленню в спеціально підготовлених розчинах кислот.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Серійна технологія отримання швидкорізальних інструментів

3.1.1 Номенклатура виробів та маршрутна технологія їх виготовлення

Для розробки технології термічної обробки інструментів, вибору обладнання для виробничого підрозділу необхідно мати дані про номенклатуру виробів, їх розміри, масу та основні вимоги до матеріалів. Номенклатура виробів приведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Номенклатура виробів

Назва виробу	Матеріал виробу	Маса виробу, кг	Розміри виробу, мм		Вимоги до матеріалу
			l	d	
Протяжка	P6M5	1,3	350	25	HRC 63...65
Протяжка крупно-габаритна	P6M5	6,45	450	99	
Протяжка крупно-габаритна	P6M5	8,86	450	116	
Протяжка	P6M5	0,4	365	10	
Протяжка	P6M5	1,0	400	20	
Свердло	P18	0,03	150	5,8	HRC 62...65
Свердло	P18	0,53	240	19	
Свердло	P18	1,09	290	24,8	
Свердло	P12Ф4K5	2,78	370	35	
Свердло	P12Ф4K5	0,236	90	19	

Виходячи з отриманих даних , розроблені схеми маршрутних технологій виготовлення інструментів (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Маршрутна технологія виготовлення протяжки зі сталі Р6М5

№ операції	Назва операції	Цех (дільниця), в якому виконується операція	Призначення операції
1	Вхідний контроль	Заготівельний цех	Контроль хімічного складу, контроль металопрокату
2	Отримання заготовок	Заготівельний цех	Метод порошкової металургії, отримання заготовки шляхом проведення операцій пресування та спікання
3	Попередня термічна обробка	Термічний цех	Зняття напружень й підвищення стабільності
4	Механічна обробка	Інструментальний цех	Надання заготовці форми інструмента
5	Термічна обробка	Термічне відділення інструментального цеху	Надання остаточних експлуатаційних властивостей
6	Механічна обробка	Інструментальний цех (слюсарна дільниця)	Надання остаточних розмірів
7	Остаточна термічна обробка (багаторазовий відпуск)	Термічне відділення інструментального цеху	Стабілізація властивостей та розмірів
8	Остаточна механічна обробка	Інструментальний цех (слюсарна дільниця)	Доводка розмірів

9	Контроль	Термічне відділення	Контроль структури та властивостей
---	----------	------------------------	---------------------------------------

3.1.2 Розробка режимів та технології термічної обробки

В данній роботі на підставі типових режимів термічної обробки ріжучого інструмента із швидкорізальних сталей складена карта технологічного процесу термічної обробки крупногабаритної протяжки зі сталі Р6М5.

Протяжка має дві частини робочу зі сталі Р6М5 та хвостову зі сталі 40Х, кожна з яких підлягає певному режиму термічної обробки.

Основними операціями термічної обробки робочої частини ріжучого інструмента, виготовленого зі швидкорізальних сталей є відпал, гартування і триразовий відпуск.

До допоміжних операцій відносять промивання виробів, очищення поверхні від окалини, рихтування, контрольні операції.

Гартування – основна та найбільш відповідальна операція ТО, у комплексі з відпуском забезпечує стійкість інструмента при експлуатації, теплостійкість, міцність різальної частини. Структура після гартування мартенсит дрібногочастий, нерозчинні карбіди та велика кількість аустеніту залишкового.

Нагрівання інструменту повинно забезпечити аустенітизацію сталі з достатнім насиченням твердого розчину вуглецем та легувальними елементами при збереженні дрібнозернистого аустеніту.

Недогрів швидкорізальної сталі суттєво не впливає на твердість після гартування, але різко знижує її теплостійкість, що виявляється у зниженні твердості при відпуску. Перегрівання виявляється за величиною аустенітного зерна після гартування, яке для протяжки повинно бути в межах 10-12 балів по ГОСТ 5639-82. Ріст зерна вище 10 бала викликає зниження в'язкості та міцності сталі, що недопустимо для інструменту.

Швидкорізальні сталі дуже чутливі до перегріву, тому інтервал гартівних температур досить вузький. Інструментальні швидкорізальні сталі досить схильні до окислення та знеуглецювання при нагріванні. Знеуглецювання зменшує твердість загартованої та відпущеної сталі, що знижує стійкість інструменту. Воно також сприяє утворенню тріщин при гартуванні та викликає налипання оброблюємого матеріала на поверхню інструмента. Щоб запобігти виникненню дефектів, слід правильно обирати вид нагрівального пристрою. Найбільш розповсюджене нагрівання інструментів у соляних печах-ваннах.

Температура гарту для протяжки зі сталі Р6М5 складає $1210 \pm 10^\circ\text{C}$, тому попередньо здійснюється два підігрівання до температур $550 \pm 10^\circ\text{C}$ та $850 \pm 10^\circ\text{C}$. Перше підігрівання здійснюють для підсушування деталі та скорочення часу остаточного нагрівання, а друге – для зменшення внутрішніх напружень та запобігання деформації інструмента в процесі нагрівання.

Для отримання чистої поверхні при механічній обробці та мінімального короблення при гартуванні сталь повинна мати вихідну структуру зернистого перліта з рівномірно розподіленими надлишковими карбідами.

Гартування та подальше відпускання визначають якість різального інструменту. Відпуск швидкорізальної сталі проводять для зняття внутрішніх напружень, розпаду аустеніту залишкового та дисперсійного зміцнення мартенситу відпуску. Основним призначенням відпуску загартованих інструментів є можливість більш повного перетворення залишкового аустеніту, який різко знижує різальні властивості інструмента; його кількість після відпуску не повинна перевищувати 2-3%. Крім того, при проведенні цього процесу повинен бути здійснений відпуск мартенситу гартування та утвореного вторинного мартенситу. В результаті відпуску твердість швидкорізальної сталі або не змінюється, або незначно підвищується внаслідок дисперсійного твердіння мартенсита та розпаду залишкового аустеніту.

Найкращій режим відпуску для швидкорізальної сталі – триразовий, тривалістю 1 година. Такий режим необхідно здійснювати для повного перетворення аустеніту залишкового, оскільки його розпад відбувається в

процесі охолодження від температури відпуску, починаючи від точки Мп внаслідок вторинного мартенситного перетворення.

При проведенні триразового відпуску необхідне обов'язкове охолодження до 20°C (після кожного відпуску). Відпуск інструмента проводять переважно в розплавлених солях або в печах із захисними атмосферами (екзогаз), для запобігання знеуглецювання та забезпечення однорідної, стабільної структури.

Рекомендованим є режим відпуску при температурі $550 \pm 10^\circ\text{C}$, 1 година, триразовий з охолодженням на повітрі, твердість після відпуску 62-66 HRC.

Хвостова частина крупногабаритної протяжки виготовлена зі сталі 40X, дозволяє зберегти необхідну міцність та зменшити вартість деталі. Термічна обробка цієї частини полягає у наступному: гартування ($850 \pm 10^\circ\text{C}$), масло, відпуск ($430 \pm 10^\circ\text{C}$) повітря. Процес ТО здійснюють в соляній печі-ванні (гартування) та в електричній камерній печі із захисною атмосферою (екзогаз).

До допоміжних операцій відносяться:

Промивання виробів. Вироби промивають в мийних агрегатах перед термічною обробкою і після гартування. Мийні агрегати використовують в масовому та серійному виробництві, їх продуктивність 3-5 тон/год, вони дозволяють здійснити промивання виробів, що потрапляють із механічних цехів до термічних. Агрегат складається з трьох зон: промивання, полоскання, сушіння. Після цього вироби за допомогою конвеєрів транспортуються до термічних агрегатів, які оснащені тільки однією мийною машиною. Цей процес дозволяє забезпечити високу якість дифузійного насичення. Промивання здійснюється в кальцинованій соді (3-5% розчин).

Рихтування виробів. Внаслідок дії залишкових напружень, неоднорідності структури, незадовільних умов охолодження при гартуванні відбувається короблення виробів. Для зменшення наступного механічного оброблення, перед передачею виробів у механічний цех, їх піддають рихтуванню із використанням різноманітних пресів, які застосовуються для усунення короблення.

Очищення виробів від окалини травленням, гідропіскоструміневим очищенням.

Контрольні операції. Контроль хімічного складу (відповідність матеріалу робочому кресленню), контроль геометричних розмірів, форми, короблення, контроль механічних властивостей, контроль структури та наявності поверхневих та внутрішніх дефектів.

Гартування робочої частини протяжки проводиться в трьох різних печах.

Перший підігрів проводиться в електричній камерній печі СНО-8,5.17.5/7. Ширина $b_p=850$ мм; довжина $l_p=1700$ мм; висота $h_p=500$ мм; $t_{\max}=700^{\circ}\text{C}$.

Розрахуємо масу садки крупногабаритних протяжок в цій печі:

$$M=6,45\text{кг}$$

$$D=99\text{ мм}$$

$$L=450\text{ мм}$$

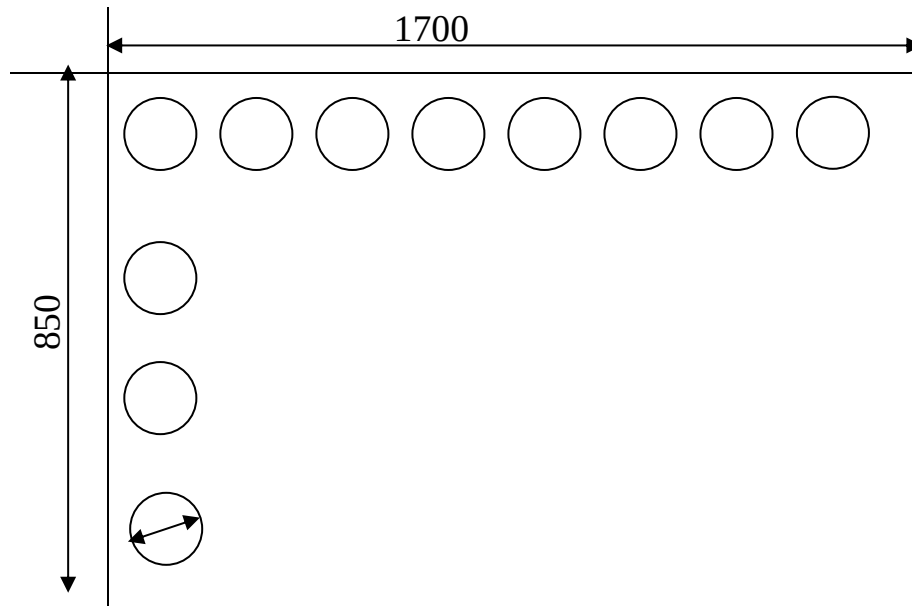


Рисунок 3.1 – Схема садки виробів в електричній камерній печі СНО-8,5.17.5/7.

Відстань між виробами $D=99\text{мм}$

$$1700 - 10 / 99 + 99 = 8 \text{ шт}$$

$$850 - 10 / 99 + 99 = 4 \text{ шт}$$

Кількість виробів в печі $8 \times 4 = 32$ шт

Маса садки $M_c = 32 \times 6,45 = 206,4$ кг

Загальний час основної термічної обробки розраховується за формулою:

$$\tau_{\text{заг}} = \tau_{\text{н}} + \tau_{\text{в}}$$

де $\tau_{\text{н}}$ – час нагрівання;

$\tau_{\text{в}}$ – час витримки;

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

де $S = d/2 = 99/2 = 49,5$ мм; характеристичний розмір виробу, мм;

$k = 1$; коефіцієнт форми;

$f = 1,4$; коефіцієнт розташування виробів в нагрівальному пристрої, що впливає на час нагрівання, хв.;

$L_{\text{л}} = 2,7$; коефіцієнт легування сталі при $t = 550 \pm 10^\circ\text{C}$, хв/мм.

$$\tau_{\text{н}} = 49,5 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 2,7 = 187,1 \text{ хв.}$$

Час витримки виробу визначається за формулою:

$$\tau_{\text{в}} = 0,2 \cdot \tau_{\text{н.}}$$

$$\tau_{\text{в}} = 0,2 \cdot 187,1 = 37,42 \text{ хв}$$

$$\tau_{\text{заг}} = 187,1 + 37,42 = 224,5 \text{ хв} = 3,7 \text{ год}$$

Другий підігрів проводиться в печі-ванні СВС-6.9.4,5/10. Ширина $b_p = 600$ мм; довжина $l_p = 900$ мм; висота $h_p = 450$ мм; $t_{\text{max}} = 1000^\circ\text{C}$

Розрахуємо масу садки крупногабаритних протяжок в цій печі:

$$M = 6,45 \text{ кг}$$

$$D = 99 \text{ мм}$$

$L=450$ мм

Відстань між виробами $D/2=49,5$ мм

$900 - 10 / 99 + 49,5 = 5$ шт

$600 - 10 / 99 + 49,5 = 3$ шт

Кількість виробів в печі $5 \times 3 = 15$ шт

Маса садки $M_c = 15 \times 6,45 = 96,75$ кг

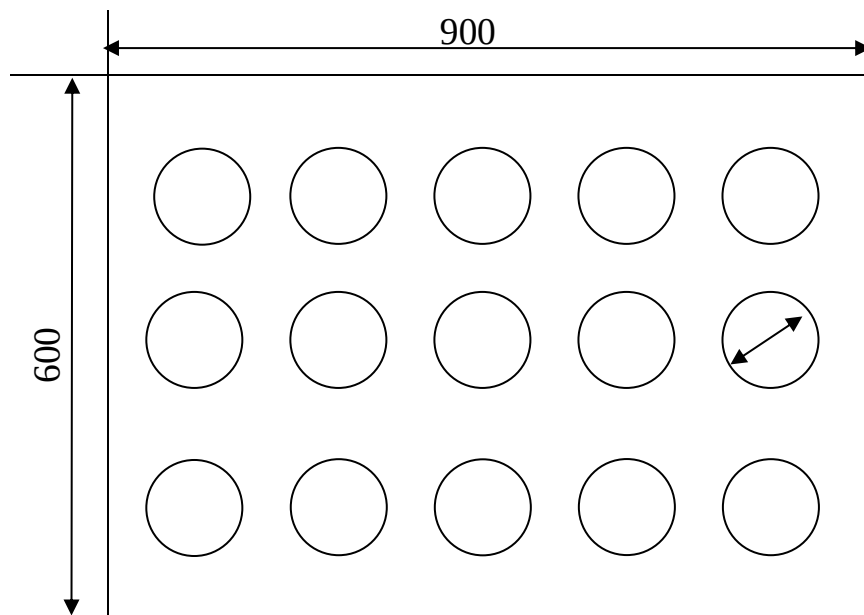


Рисунок 3.2 – Схема садки виробів в печі-ванні СВС-6.9.4,5/10.

Загальний час основної термічної обробки розраховується за формулою:

$$\tau_{\text{заг}} = \tau_{\text{н}} + \tau_{\text{ів}}$$

де $\tau_{\text{н}}$ – час наскрізного нагрівання;

$\tau_{\text{ів}}$ – час ізотермічної витримки ;

$$\tau_{\text{н}} = n / D \cdot 60$$

де $n = 12,2$ – коефіцієнт, с/мм, що характеризує час, віднесений до мінімального розміру виробу $D=99$ мм [1];

D – діаметр крупногабаритної протяжки, мм;

$$\tau_n = 12,2/60 \times 99 = 20,1 \text{ хв}$$

$$\tau_{ib} = 1,6 \dots 2,2; [1]$$

$$\tau_{заг} = 20,1 + 1,85 = 21,95 \text{ хв}$$

Остаточний підігрів проводиться в печі-вані СВС-6.9.4,5/13. Ширина $b_p = 600$ мм; довжина $l_p = 900$ мм; висота $h_p = 450$ мм; $t_{max} = 1300^\circ\text{C}$

Розрахуємо масу садки крупногабаритних протяжок в цій печі:

$$M = 6,45 \text{ кг}$$

$$D = 99 \text{ мм}$$

$$L = 450 \text{ мм}$$

Схема садки виробів в печі-ванні СВС-6.9.4,5/13 аналогічна схемі садки виробів в печі-ванні СВС-6.9.4,5/10 (див. рисунок 1.5).

Загальний час основної термічної обробки розраховується за формулою:

$$\tau_{заг} = \tau_n + \tau_{ib}$$

де τ_n – час наскрізного нагрівання;

τ_{ib} – час ізотермічної витримки;

$$\tau_n = n / D \cdot 60$$

де $n = 10,9$ – коефіцієнт, с/мм, що характеризує час, віднесений до мінімального розміру виробу $D = 99$ мм [1];

D – діаметр крупногабаритної протяжки, мм;

$$\tau_n = 10,9/60 \times 99 = 17,9 \text{ хв}$$

$$\tau_{ib} = 1,8 \text{ хв}; [1]$$

$$\tau_{заг} = 17,9 + 1,8 = 19,7 \text{ хв}$$

Тривалість нагрівання хвостової частини до температури гартування ($850 \pm 10^\circ\text{C}$) та витримки для соляної ванни дорівнює:

$$\tau_{\text{заг}} = \tau_{\text{н}} + \tau_{\text{ів}}$$

де $\tau_{\text{н}}$ – час наскрізного нагрівання;

$\tau_{\text{ів}}$ – час ізотермічної витримки ;

$$\tau_{\text{н}} = n / D \cdot 60$$

де $n = 12,2$ – коефіцієнт, с/мм, що характеризує час, віднесений до мінімального розміру виробу $D = 99 \text{ мм}$ [8];

D – діаметр крупногабаритної протяжки, мм

$$\tau_{\text{н}} = 12,2 / 60 \times 99 = 20,1 \text{ хв}$$

$$\tau_{\text{ів}} = 1,8 \text{ хв}; [1]$$

$$\tau_{\text{заг}} = 20,1 + 1,8 = 21,9 \text{ хв};$$

Відпуск крупногабаритної протяжки (робочої частини) триразовий, проводиться в електричній камерній печі СНЗ-8,5.17.5/7. Ширина $b_p = 850 \text{ мм}$; довжина $l_p = 1700 \text{ мм}$; висота $h_p = 500 \text{ мм}$; $t_{\text{max}} = 700^\circ\text{C}$.

Розрахуємо масу садки крупногабаритних протяжок в цій печі:

$$M = 6,45 \text{ кг}$$

$$D = 99 \text{ мм}$$

$$L = 450 \text{ мм}$$

Схема садки виробів в електричній камерній печі СНЗ-8,5.17.5/7 аналогічна схемі садки виробів в печі СНО-8,5.17.5/7 (див. рисунок 3.1).

Загальний час основної термічної обробки розраховується за формулою:

$$\tau_{\text{заг}} = \tau_{\text{н}} + \tau_{\text{в}}$$

де τ_n – час нагрівання;

τ_b – час витримки ;

Час витримки виробу рекомендовано із довідника [1]

$$\tau_b = 60 \text{ хв} = 1 \text{ год}$$

$$\tau_n = 49,5 \times 1 \times 1,4 \times 2,7 = 187 \text{ хв} = 3,12 \text{ год}$$

$$\tau_{\text{заг}} = 1 + 3,12 = 4,1 \text{ год}$$

Проводиться три відпуски по 4,1 години.

Тривалість нагрівання хвостової частини до температури відпуску ($430 \pm 10^\circ\text{C}$) та витримки для соляної ванни дорівнює:

$$\tau_{\text{заг}} = \tau_n + \tau_{ib}$$

де τ_n – час наскрізного нагрівання;

τ_{ib} – час ізотермічної витримки ;

Час витримки виробу рекомендовано із довідника [7]:

$$\tau_b = 55 \text{ хв} = 0,9 \text{ год}$$

$$\tau_n = 49,5 \times 1 \times 1,4 \times 2,15 = 2,4 \text{ год}$$

$$\tau_{\text{заг}} = 0,9 + 2,4 = 3,3 \text{ год}$$

Проводиться відпуск тривалістю 3,3 години.

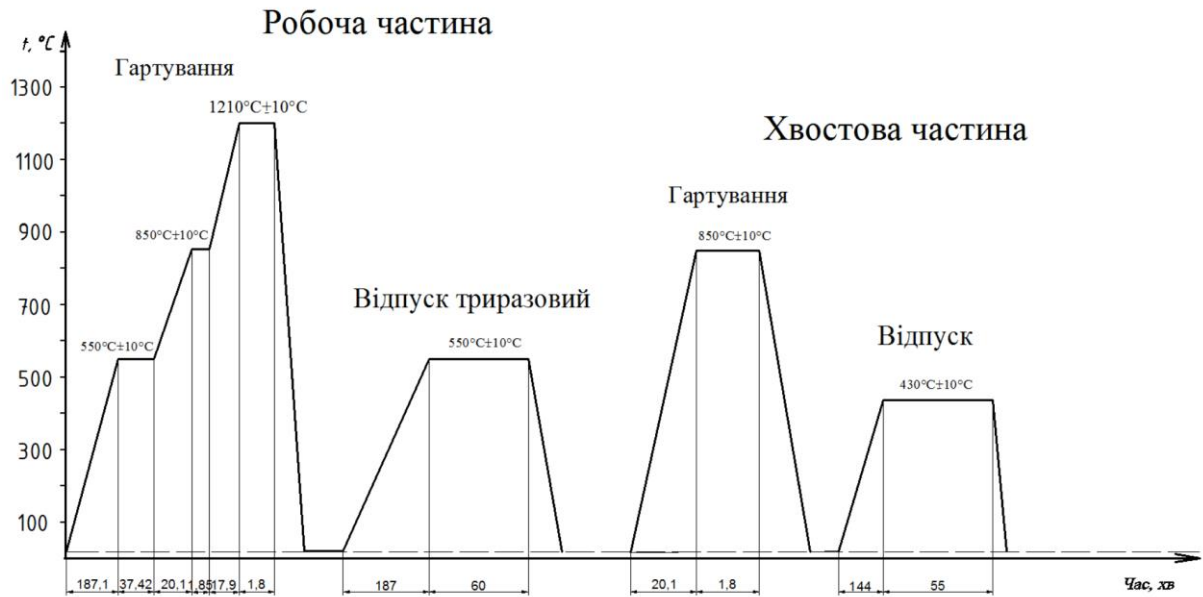


Рисунок 3.3 – Схема термічної обробки протяжки зі сталі Р6М5

Таблиця 3.3 – Технологічна карта термічної обробки крупногабаритних протяжок із сталі Р6М5

Ескіз виробу			Технічні вимоги			
			Матеріал		Твердість	Структура
			Робоча частина	Р6М5	62-66 HRC	М відпуска, карбіди, Азал
			Хвостова частина	40Х	41-46 HRC	Троостит
№ п/п	Назва операції	Обладнання	Умови нагрів., t, °C; V, мм/с; середовище його склад витрати	Умови охол., t, V, середовище його склад витрати	Назва пристосування, кількість, шт.	Умови обробки та контролю
1	2	3	4	5	6	7
1.	Вх.	Стелоскоп,				Хім.склад

	контроль	мікрометр, штангель-циркуль, центри, індикаторн. годинник				, розміри, форма, раді. биття(3-5% від партії), механічні властивості
2.	Очищення перед ТО					
2.1.	Промивання;	МТМ (мийна тупікова машина)				2.1. 5..9% Na_2CO_3 у H_2O , $t=80^\circ\text{C}$ $\tau=8-10\text{хв.};$
2.2.	Полоскування;					2.2. Вода холодна, $t=20^\circ\text{C}$, $\tau=5-7\text{хв.};$
2.3.	Просушування;					2.3. Повітря гаряче, $t=115^\circ\text{C}$;
3.	Гартування					
3.1.	1		$550\pm 10^\circ\text{C};$		Коробка	Потенціо

	підігрів;	Електрична камерна піч СНО- 8,5.17.5/7	3,7 год		з пісчани м затворо м	–метр, годинник настінний
3.2.	2 підігрів	Піч-ванна СВС- 6.9.4,5/10	840-860°С 21,95 хв		Одна протяжк а на кран- балці	Мілівольт -метр, годинник настінний
3.3	Остаточ -ний підігрів	Піч-ванна СВС- 6.9.4,5/13	1200- 1210°С; 19,7хв		Одна протяжк а на кран- балці	Потенціо- метр, секундомі р
3.4	Маслян ий бак ЗБК-600			Спочатку підстужуван ня на повітрі~2хв; потім занурити в масляний бак, 7-8хв, температура масла 20- 70°С		
4.	Контрол ь	Індикатор годиннико- вого типа				

		ИЧО-2-0,01				
5.	Правка	Прес ручний рихтуваль- ний Д-371			Пристос ував-ня для рихтовк и	
6.	Відпуск 1	Електрична камерна піч СНЗ- 8,5.17.5/7	550±10°C; 4,1 год		На кришці	Потенціо –метр, годинник настінний
7.	Рихтовк а	Прес ручний рихтуваль- ний Д-371				
8.	Відпуск 2	Електрична камерна піч СНЗ- 8,5.17.5/7	550±10°C; 4,1 год.		На кришці	Потенціо –метр, годинник настінний
9.	Відпуск 3	Електрична камерна піч СНЗ- 8,5.17.5/7	550±10°C; 4,1 год.		На кришці	Потенціо –метр, годинник настінний
10.	Контрол ь	Мікроскоп МІМ-3				100% контроль мікростру ктури
11.	Зачистк а (виготов	Пневматич на машина ІП 2018-				Мікроско п

	-лення шліфів)	У1				
12.	Гарт хвостов и-ка	Піч-ванна СВС- 6.9.4,5/10	850±10°C; 21,9 хв	Масляний бак, масло	Кран- балка	Мілівольт -метр, годинник настінний
13.	Відпуск	Електрична камерна піч СНЗ- 8,5.17.5/7	430±10°C; 3,7 год.		На кришці	Потенціо -метр, годинник настінний
14.	Гідропіс - кострум і-нева очистка	Гідропіско- струмінева камера У5871-1226				
15.	Зачистк а	Станок плоскош- лифуваль- ний				
16.	Контрол ь	Роквелл- твердомір, МІМ-7				Зовнішні й вигляд, твердість, короблен няструкту ра

3.1.3 Вибір і розрахунки кількості обладнання

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

Річна виробнича програма наведена в таблиці 3.4

Таблиця 3.4 – Річна виробнича програма

Назва виробу	Матеріал	Маса 1шт,кг	Габаритні розміри, мм	Виробнича програма	
				шт	кг
Протяжка	P6M5	1,3	25×350	2187	2844
Протяжка крупногабаритна	P6M5	6,45	99×450	2180	140654
Протяжка крупногабаритна	P6M5	8,86	116×450	2180	193218
Протяжка	P6M5	0,4	10×365	2205	882
Протяжка	P6M5	1,0	20×400	2180	2180
Свердло	P18	0,03	5,8×350	2500	75
Свердло	P18	0,53	19×240	2198	1165
Свердло	P18	1,09	2,8×290	2188	2386
Свердло	P12Ф4K5	2,78	3,5×370	2184	6072
Свердло	P12Ф4K5	0,236	19×90	2220	524
Разом				22 222	350 000

Розрахунки кількості обладнання по завантажувальним відомостям

Завантажувальні відомості наведені в таблицях 3.5-3.9, а в таблиці 3.10 наведено зведена відомість обладнання.

Таблиця 3.5 – Завантажувальна відомість ріжучого інструмента (робочої частини). Операція – гартування, 1 підігрів($t=550\pm 10^{\circ}\text{C}$).

Обладнання – СНО-8,5.17.5/7

Назва виробу	Матеріал	Маса 1шт,кг	Річна програма		Садка Пс		садок на рік N_i ,	обробки садки	час роботи печі Ті год
			шт	кг	шт	кг			
Протяжка	P6M5	1,3	2187	2844	60	78	37	3,21	118,8
Протяжка крупногабаритна	P6M5	6,45	2180	140654	32	206,4	68	3,7	251,6
Протяжка крупногабаритна	P6M5	8,86	2180	193218	28	248	78	3,9	304,2
Протяжка	P6M5	0,4	2205	882	102	41	21	3,0	105
Протяжка	P6M5	1,0	2180	2180	48	148	45	3,3	1238,5
Сверло	P18	0,03	2500	75	225	6,57	11	3,0	55
Сверло	P18	0,53	2198	1165	200	106	11	3,1	56,1
Сверло	P18	1,09	2188	2386	42	45,8	52	3,2	270,4
Сверло	P12Ф4К5	2,78	2184	6072	28	77,8	78	3,1	397,8
Сверло	P12Ф4К5	0,236	2220	524	200	47,8	11	3,23	57,53
Усього Тз									9336,7

Розраховуємо кількість однотипного обладнання Пр, шт.:

$$\text{Пр} = \text{Тз} / \text{Фд}$$

Розраховуємо дійсний фонд роботи обладнання Фд, год.:

$$\text{Фд} = (365 - \text{Двих} - \text{Дсв}) \times \text{Кзм} \times \text{Тзм} \times \text{Квих},$$

де Двих – кількість вихідних днів за рік (105);

Дсв – кількість святкових днів за рік (10);

Кзм – кількість змін на добу (3);

Тзм – тривалість однієї зміни, год.(8);

Квик – коефіцієнт використання часу роботи обладнання (0,90...0,94).

Таблиця 3.9 - Завантажувальна відомість на ріжучий інструмент.
Операція – одноразовий відпуск хвостової частини ($t=430\pm 10^{\circ}\text{C}$). Обладнання –
СНЗ-8,5.17.5/7

Назва виробу	Матеріал	Маса 1 шт, кг	Річна программа		Садка Пс		Кількість садок на рік Ні	Загальний час обробки садки	Необхідний час роботи печі
			шт	кг	шт	кг			
Протяжка	40Х	1,3	2187	2844	60	78	37	2,3	107,3
Протяжка крупно- габаритна	40Х	6,45	2180	140654	32	206,4	68	3,3	251,6
Протяжка крупно- габаритна	40Х	8,86	2180	193218	28	248	78	3,3	304,2
Протяжка	40Х	0,4	2205	882	102	41	21	1,9	52,5
Протяжка	40Х	1,0	2180	2180	48	148	45	2,1	121,5
Усього Тз									837,1

Розраховуємо кількість однотипного обладнання Пр, шт.:

$$\text{Пр} = \text{Тз} / \text{Фд}$$

$$\text{Пр} = 8106,51 + 837,1 / 5400 = 8943,61 / 5400 = 1,72$$

Кількість прийнятого обладнання:

$$\text{Пр} = 2$$

Визначаємо коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\text{Кз} = \text{Пр} / \text{Пр} = 1,72 / 2 = 0,9$$

Так як відпуск триразовий, тоді кількість прийнятого обладнання:

$$\text{Пр} = 2 \times 3 = 6$$

Таблиця 3.10 – Зведена відомість обладнання

Назва та індекс обладнання	Назва технологічної операції	Річний випуск виробів на даному обладнанні, кг (шт.)	Кількість обладнання, шт.		Коефіцієнт завантаження Кз
			Пр	Ппр	
СНО-8,5.17.5/7	Гартування (1 подогрів)	350 000	1,83	2	0,92
СВС-6.9.4,5/10	Гартування (2 подогрів)	350 000	0,9	1	0,9
СВС-6.9.4,5/13	Гартування (остаточний подогрів)	350 000	0,9	1	0,9
СНЗ-8,5.17.5/7	Відпуск багаторазовий	350 000	1,72	2	0,9
Усього				10	

3.1.4 Технічний контроль, попередження й виправлення браку

Нижче наведені основні параметри, які обов'язково контролюються в процесі термічної обробки.

Контроль температури повинен забезпечувати суворе дотримання режимів термічної обробки інструментів, для цього соляні ванни й печі оснащені стаціонарними приборами для автоматичного регулювання та запису температури. Для щоденної перевірки стаціонарних приборів використовуються платино-родієві або хромель-алюмелеві термопари,

протарировані за зразковими, в якості вторинного прибору використовуються переносні потенціометри.

Витримка при остаточному нагріві під гарт встановлюється по реле часу. Зневуглецювальна активність соляних ван контролюється не рідше 1 разу на добу методом фольги з наступним визначенням вуглецю хімічним аналізом.

Відсутність зневуглецьованого шару визначається не рідше 1 разу на добу на зразках-свідках. Наявність його крім пониження твердості може також викликати появу тріщин.

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

Якість гартування та відпускання контролюється вимірюванням твердості, а якість відпуску інструментів із швидкорізальних сталей додатково перевіряється магнітним методом.

Теплостійкість (червоностійкість) швидкорізальної сталі можливо оцінювати температурою після чотирьохгодинного нагріву, після якої сталь зберігає твердість не нижче 58 HRC (попередньо зразки загартовують та відпускають по оптимальному режиму для даної марки сталі).

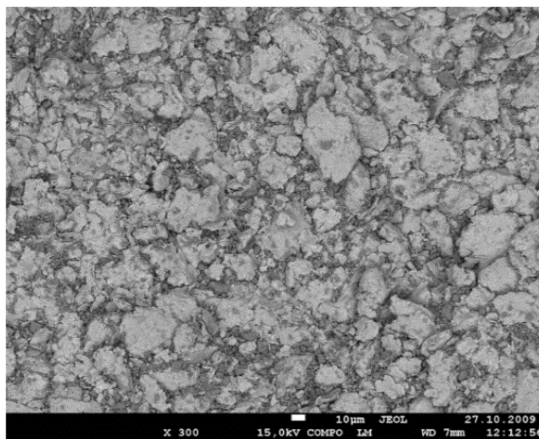
Більш розповсюджена методика визначення теплостійкості (червоностійкості) по твердості, зберігаємої після чотирьохгодинного нагріву при 620°C.

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

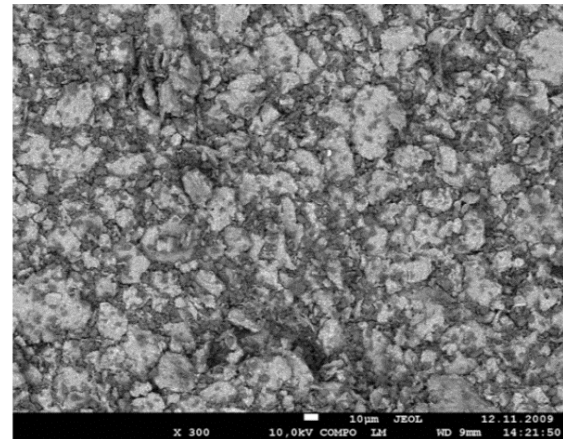
3.2 Дослідження карбідосталей

3.2.1 Металографічний аналіз отриманих пресовок карбідосталей

Проводить металографічний аналіз проводився на мікрошліф, приготованих із зразків діаметром 10 мм. Зразки розрізали уздовж вертикальної осі, шліфувалися, труїлися. На рисунку 3.4, а, представлена мікроструктура брикету, спресованого з карбідосталі в оболонці до густини $6,75 \text{ г/см}^3$ (близько 95%), а на рисунку 3.4, б - до густини $6,55 \text{ г/см}^3$ (близько 93%) з швидкістю навантаження 20 м/с. Зерна матеріалу, спресованого ударної навантаженням, витягнуті в напрямку, перпендикулярному напрямку пресування, мають яскраво виражену текстуру. Можна зробити висновок, що ударна навантаження сприяє пластичної деформації частинок в більшій мірі, ніж статичні навантаження. Підвищена ступінь деформації повинна приводити до більш високого зміцнення матеріалу.



а



б

а - статичне пресування; б - ударне пресування

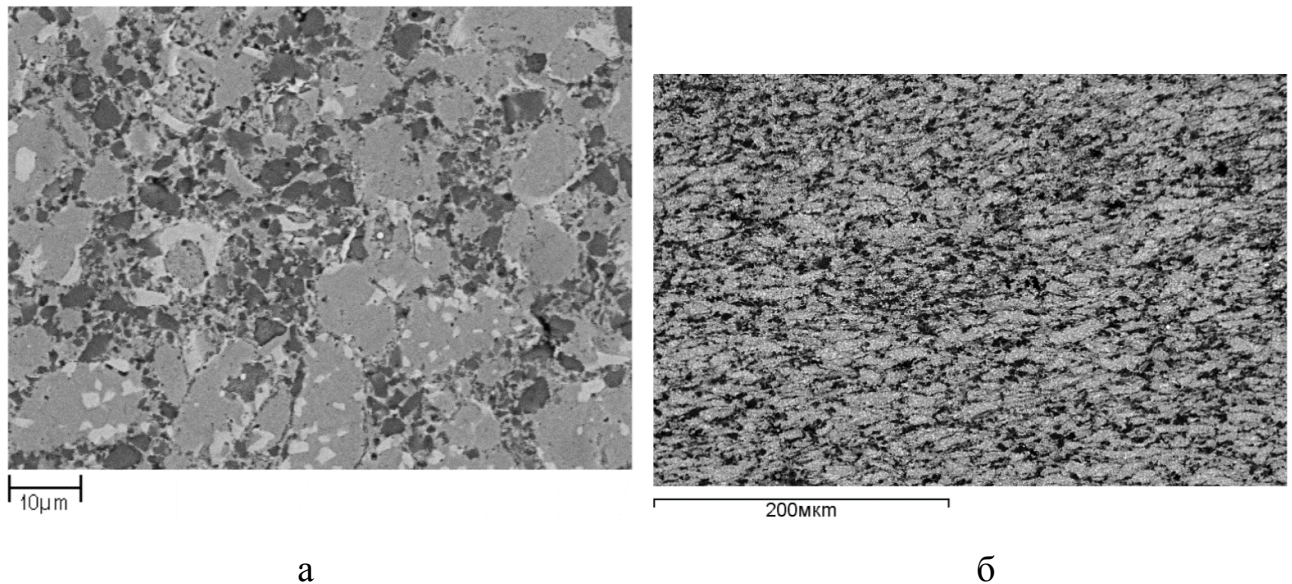
Рисунок 3.4 - Мікроструктура карбідосталі, спресованої до щільності 93-95%

Вимірювання міцності пресовок вироблялося при стисненні брикетів до 10 мм. Стиснення вироблялося на випробувальній машині ЦД-10.

Навантаження закінчувалося при появі на зовнішній поверхні першої тріщини. Міцність брикетів з відносною щільністю близько 95%, отриманих гарячим штампуванням в оболонці, становила 500-550 Па. Після ударного пресування з наступною гарячим штампуванням міцність підвищувалася на 10-12%. Підвищена міцність брикетів, отриманих ударним пресуванням, пояснюється збільшенням площі міжчасткових контактів з усталеною металевим зв'язком.

3.2.2 Металографічний аналіз гарячештампованих карбідосталей

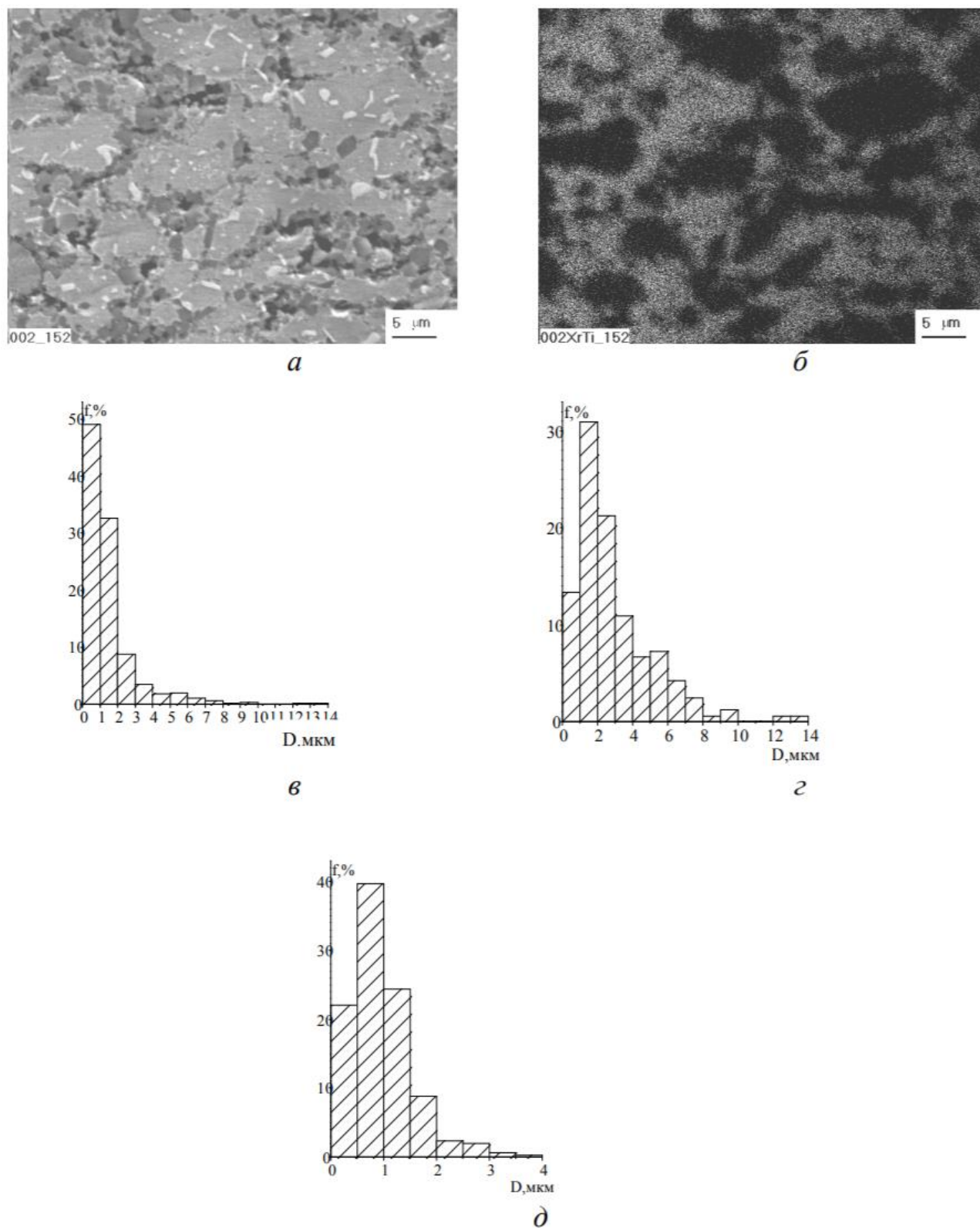
На рисунку 3.5, а показана мікроструктура гарячештампованної зразка карбідосталі (щільність $6,98 \text{ г/см}^3$), на якій видно темно-сірі великі частки сталі і темніші дрібні частинки карбіду титану. В поле матричної металевої фази (основне поле мікроструктури) є світлі вкраплення розміром близько 1 мкм - це карбіди легуючих елементів, що утворюються в процесі підготовки розплаву швидкорізальної сталі для розпилення. Є незначне число чорних крапок, які ідентифікуються як пори. На даному зображенні мікроструктури напрямок зйомки перпендикулярно прикладеного зусилля гарячого штампування. На рисунку 3.5, б показана мікроструктура цього ж досліджуваного матеріалу, причому напрямок зйомки збігається з напрямком зусилля гарячого штампування. Текстура структури явно виражена, зерна матричного матеріалу швидкорізальної сталі сильно деформовані в поперечному до зусиллю гарячого штампування напрямку.



а - вид перпендикулярно зусиллю штампування; б - вид у напрямку зусилля штампування

Рисунок 3.5 - Мікроструктура карбідосталі, штампованої від 1200⁰С

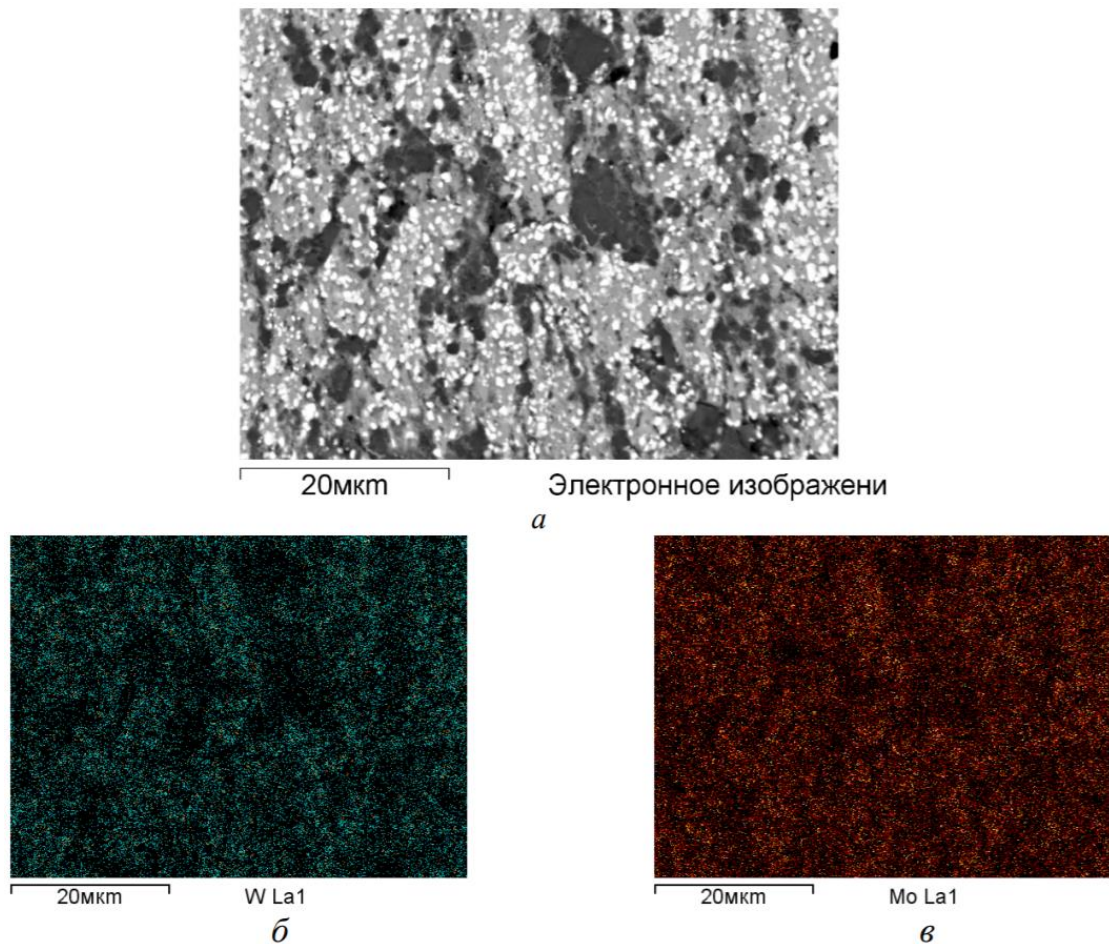
Раніше вже зазначалося, що якість структури карбідосталі, в першу чергу, характеризується рівномірністю розподілу зерен карбиду титану за обсягом матеріалу. Відносну рівномірність розподілу часток TiC можна спостерігати на рисунках 3.5, а і 3.5, б. При об'ємній частці карбиду титану раною 23,3% масова його частка становить 18,2%. Це значення відрізняється від розрахункового на 1,8%. З огляду на похибки визначення фазових часткою на аналізаторі це допустимо. В результаті того, що місце на експериментальному зразку для досліджень вибрано довільно, можна стверджувати, про рівномірний розподіл часток карбиду титану в матеріалі карбідосталі. Що стосується розподілу за розмірами зерен TiC і сталі Р6М5К5, а також пір, то відповідні результати, отримані при обробці мікроструктури на аналізаторі SIAMS-600, представлені на рисунку 3.6. Текстура металу-основи і подрібнене зерно є відмінними рисами структури карбидосталей, отриманих за традиційною технологією жидкофазного спікання при температурах 1280 ... 1300 ⁰С. Однак в структурах обох сталей на кордоні зерен металу є окремі світлі прошарку (рис. 3.6, а). За даними роботи [34], ці прошарки представляють собою закристалізуватися оксікарбідную рідку фазу.



a - вихідна мікроструктура; *б* вихідна мікроструктура в рентгенівському випромінюванні $K\alpha Ti$; *в* - гістограма розподілу середнього діаметра Фере частинок TiC ; *г* - то ж для швидкорізальної сталі P6M5K5; *д* - то ж для пор

Рисунок 3.5 – Розподіл фазового складу зерен TiC , P6M5K5 і пор в карбідосталі, отриманої гарячим штампуванням

До складу прошарків, як правило, входять хром, ванадій, залізо і їх карбіди. Результати хімічного аналізу показують, що склад прошарків більш складний, в нього також входять вольфрам (рис. 3.6, б) і молібден (рис. 3.6, в).



а - вихідна; б - в рентгенівському випромінюванні $K\alpha$ W; в - в рентгенівському випромінюванні $K\alpha$ Mo

Рисунок 3.6 – Мікроструктура карбідосталі з прошарками

Такого ж роду прошарку знаходяться між частинками карбіду титану, що утворили агломерат (рис. 3.7). Дані електронної спектроскопії побічно підтверджують можливість присутності в дослідженій прошарку оксидів заліза і оксікарбідів легуючих елементів.

Має місце ще одна принципова відмінність спеченої і штампованої структур, яке полягає в оформленні місця контакту «сталь - карбід». При вакуумному рідкофазному спіканні ($+1280^{\circ}\text{C}$) на границі «сталь - карбід»

утворюється кільцева перехідна зона (рис. 3.8, а). Утворення цієї зони обумовлено появою (вже при температурі 1130 °С) рідкої фази і її подальшою кристалізацією. Відбувається активне дифузійне взаємодія між сусідніми частинками і, відповідно, перехід в зерна карбіду титану легуючих елементів швидкорізальної сталі, таких як вольфрам, молібдену, і ванадію та ін. При цьому спостерігається обезуглероживание зерен карбіду титану. Механізм цього процесу описаний в роботах [34].

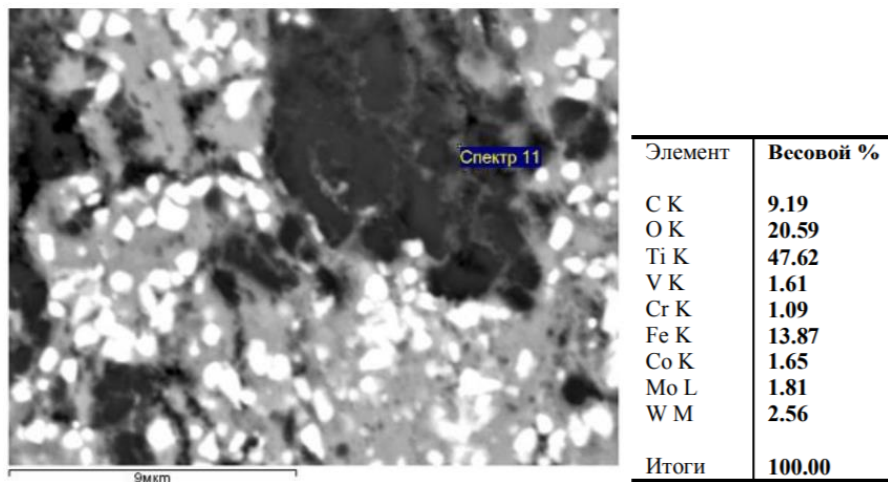
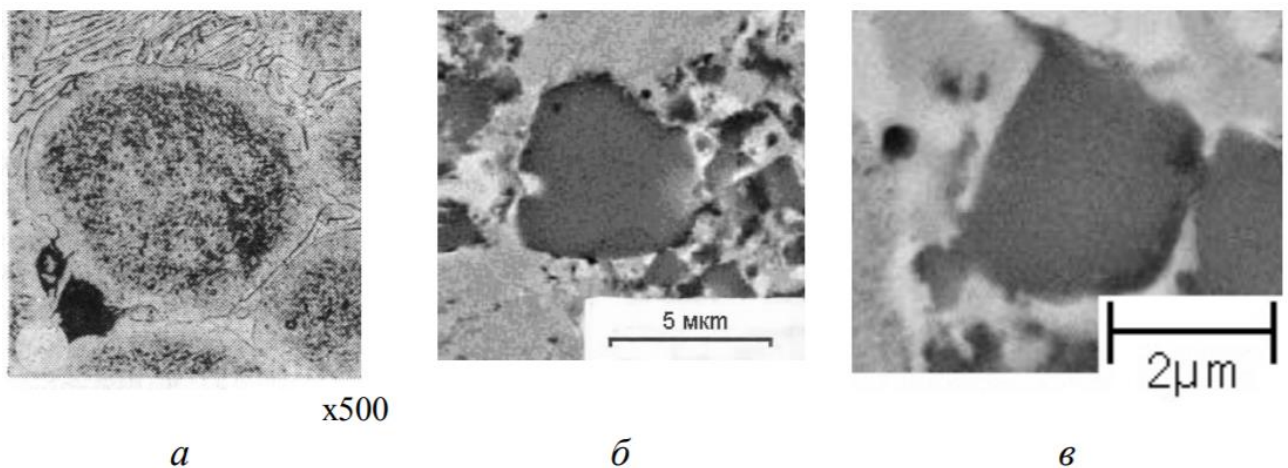


Рисунок 3.7 – Мікрофотографія ділянки, де карбід титану утворив агломерат



а - спечений матеріал; б - горячештампованной матеріал в пористої оболонці в - горячештампованной матеріал з заготовок, отриманих ударним способом

Рисунок 3.8 – Структура карбідосталі навколо частинки карбіду титану

При гарячому штампуванні пористих заготовок карбідосталі така зона не утворюється (рис. 3.8, б)

Аналізуючи мікроструктуру карбідосталі, отриманої гарячим штампуванням пористих заготовок спресованих ударним способом (рисунок 3.8, в), можна стверджувати, що, аналогічно горячештампованній карбідосталі в пористої оболонці, перехідна зона «сталь - карбід» не утвориться. Це пояснюється більш низькою температурою нагріву заготовок під штампування і короткочасним характером їх термічної обробки (нагрівання, витримка). При цьому дифузійні процеси на кордонах зерен «сталь - карбід» не встигають пройти.

На підставі наведених результатів можна припустити, що міцність закріплення зерен карбіду титану в матриці буде більше в порівнянні з матеріалом, отриманим традиційним методом порошкової металургії. Ще одна перевага полягає у відсутності втрат вуглецю з зерна карбіду титану, що зберігає його високі фізичні і функціональні властивості. Що стосується загального хімічного складу карбідосталі в готовому стані, то його оцінку можна отримати за результатами електронної спектроскопії, представленої на рисунку 3.9.

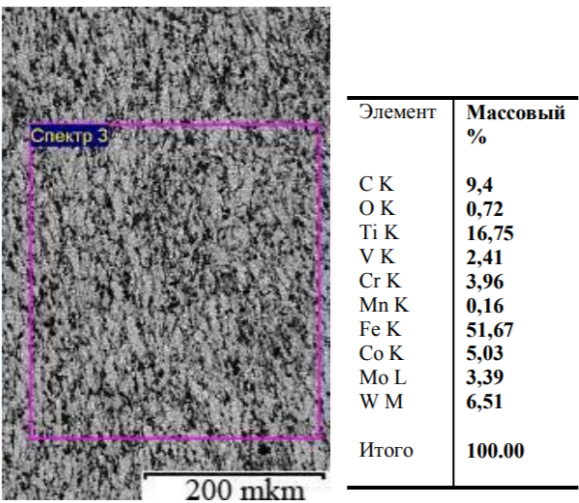


Рисунок 3.9 – Результати аналізу елементного складу карбідосталі

3.2.2 Механічні властивості гарячештампованих карбідосталей

Пружно-пластичні властивості карбідосталі - твердість по Мейеру, модуль Юнга і пластичність - розраховували по залежності глибини впровадження індентора від навантаження. Параметри навантаження такі: максимальне навантаження 100 г, швидкість навантаження 10 г/с, тимчасова витримка при максимальному навантаженні 10 секунд. Дослідження проводилося на двох зразках з різною щільністю: зразок 1 - $\gamma^1 = 6,76 \text{ г/см}^3$ ($\gamma_{\text{отн}} = 94,9\%$) і зразок 2 - $\gamma_2 = 6,35 \text{ г/см}^3$ ($\gamma_{\text{отн}} = 89,2\%$). На рисунку 3.10 показана типова залежність глибини впровадження індентора від навантаження при випробуванні карбідосталей.

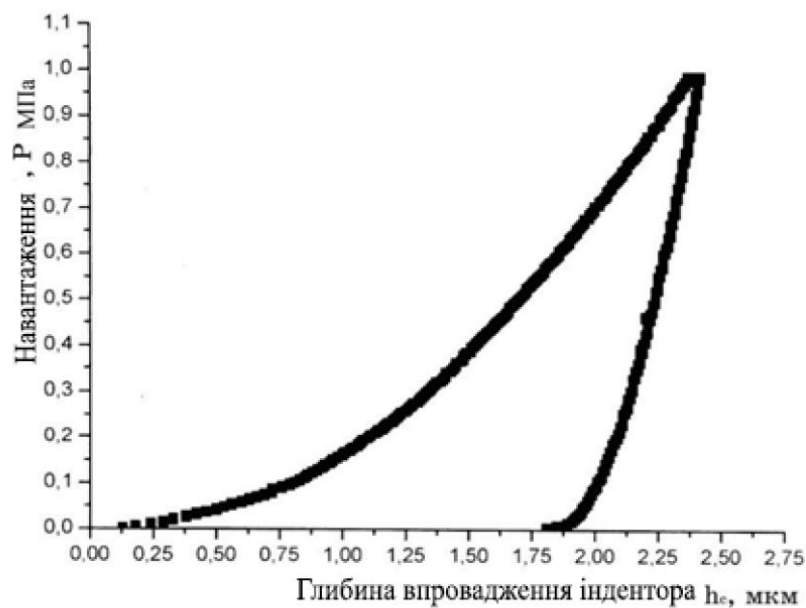


Рисунок 3.10 – Залежність глибини впровадження жорсткого індентора від навантаження при випробуванні карбідосталі

З огляду на результати розрахунку і діаграму навантаження жорсткого індентора, отримані значення властивостей горячештампованної карбідосталі: твердість НМ, модуль Юнга E і пластичність, які представлені в таблиці 3.11

Таблиця 3.11 – Пружньопластичні властивості горячештампованної карбідосталі «швидкоріжуча сталь Р6М5К5 -TiC» після відпалу

№ випробування	Зразок 1 (підпресований порошок) $\rho_1 = 6,76 \text{ г/см}^3$, 35...37 HRC _E			Зразок 2 (вільно насипаний порошок) $\rho_2 = 6,35 \text{ г/см}^3$, 26...30 HRC _E		
	НМ, ГПа	Е, ГПа	δ	НМ, ГПа	Е, ГПа	δ
1	17,563	345,303	0,627	8,749	235,738	0,749
2	15,772	357,235	0,668	8,636	291,026	0,739
3	16,483	346,517	0,668	8,169	276,125	0,757
4	15,416	383,647	0,646	8,354	247,224	0,756
5	14,579	333,942	0,676	8,786	283,160	0,761
6	14,710	351,298	0,638	8,886	266,530	0,765
7	13,815	321,095	0,657	-	-	-
Середнє значення	15,490	348,433	0,655	8,599	266,644	0,758
Похибка	1,254	18,841	0,012	0,2803	15,105	0,012

Результати досліджень дають підставу говорити про підвищення пружних властивостей карбідосталі (НМ, Е) зі збільшенням її щільності і твердості, при відповідному зниженні пластичності. За наявними літературними джерелами відомо, що модуль пружності для швидкорізальних сталей становить 210 ... 225 ГПа (при твердості 60 ... 62 HRC_E). Як можна помітити, це приблизно на 100 одиниць менше, ніж у відповідних карбидосталей. Тому небезпідставно можна стверджувати про суттєве підвищення зносостійкості і твердості карбідосталі в порівнянні з швидкорізальними сталями.

Вивчення фізико-механічних властивостей карбидосталей (щільності, твердості), отриманих за різними технологіями, показало: властивості міцності (міцність, ударна в'язкість) загартованої карбідосталі, отриманої гарячим штампуванням пористих заготовок спресованих ударним способом перевищують властивості карбидосталей, отриманих методами рідкофазного

спікання і гарячої екструзії при схожому хімічному складі. Результати наведені в таблиці 3.12, тут дані про властивості спечених і Ектрудірований карбидосталей наведені за літературними даними [13]. Однак, характеристики міцності та ударної в'язкості у карбидосталей, отриманих за технологією гарячого штампування пористих заготовок в оболонці, трохи вище, ніж у досліджуваної в даній роботі горячештампованної карбидосталі. Імовірно це пояснюється недосконалістю технології отримання зазначеного композиційного матеріалу. Необхідно провести комплекс заходів щодо оптимізації параметрів технології отримання і контролю складових карбидосталі. Всі описані карбидосталі мають близькі значення щільності (відмінність на 2 - 3%) і твердості.

Таблиця 3.12 - Фізико-механічні властивості карбидосталей

Технологія виготовлення	Густина, г/см ³	Твердість	Міцність на згин, МПа	Ударна в'язкість, кДж/м ²
Гаряча штамповка заготовок в пористих оболонках, $T_{шт} = 1180\text{ }^{\circ}\text{C}$	6,98	68...70 HRC _e	1920...1940	51,6...52,2
Гаряча штамповка заготовок, отриманих ударним способом, $T_y = 1180\text{ }^{\circ}\text{C}$	6,85	68...70 HRC _e	1840...1860	43...45,5
Рідкофазне спікання, $T_{с,,} = 1280\text{ }^{\circ}\text{C}$	7,12	68...70 HRC _e	1650...1670	23,2...26,8
ТИП / гаряча екструзія, $T_9 = 1150\text{ }^{\circ}\text{C}$	7,15	88...89 HRA	1400... 1700	30...40

Необхідно відзначити істотний вплив технології отримання карбидосталі на її механічні характеристики. Найвищі значення міцності і ударної в'язкості у

горячештампованної карбідосталі, отриманої з заготовок в пористої оболонці. Це пояснюється значним подрібненням зерна. У даній карбідосталі розмір зерна матричного матеріалу (швидкорізальної сталі) становить близько 5 ... 10 мкм, в той час як в спеченій 15 ... 20 мкм.

Результати випробувань на тертя і знос горячештампованної і спеченої карбідосталей порівняльного хімічного складу за схемою а наведені в таблиці 3.13. Параметри випробувань: сухе тертя при швидкості ковзання 1 м / с. Контртіло виступала загартована до твердості 60 ... 62 HRC_E швидкорізальна сталь P18. В результаті проведених випробувань карбідосталей на знос, були отримані наступні дані:

- для питомого навантаження 1 МПа: $I_{1\text{спеч}} = 0,31$ мг/км; $I_{1\text{гш}} = 0,28$ мг/км;
- для питомого навантаження 2 МПа: $I_{2\text{спеч}} = 0,51$ мг/км; $I_{2\text{гш}} = 0,42$ мг/км;
- для питомого навантаження 3 МПа: $I_{3\text{спеч}} = 0,62$ мг/км; $I_{3\text{гш}} = 0,51$ мг/км;
- для питомого навантаження 4 МПа: $I_{4\text{спеч}} = 1,02$ мг/км; $I_{4\text{гш}} = 0,87$ мг/км.

Таблиця 3.13 - Порівняльні характеристики зносостійкості

Матеріал	Питоме навантаження, МПа	Дійсне навантаження, кг	Масовий знос мг/км		Лінійний знос зразка мкм/км
			зразок	контртіло	
Гарячештампована карбідосталь, $\gamma = 6,76$ г/см ³ 63-66 HRC після закали	1	5	0,28	4,1	0,6
	2	10	0,42	6,1	1,1
	3	15	0,51	7,1	1,3
	4	20	0,87	9,2	2,2
Спечена карбідосталь $\gamma = 7,03$ г/см ³ 62-65 HRC після закали	1	5	0,31	4,2	0,7
	2	10	0,51	6,0	1,1
	3	15	0,62	7,6	1,6
	4	20	1,02	10,2	2,6

Для зіставлення показників зносостійкості застосуємо співвідношення:

$$k = \frac{\text{знос попередньо спеченої карбідосталі}}{\text{знос гарячештампованої карбідосталі}} = \frac{I_{\text{спеч}}}{I_{\text{гар.штамп}}}$$

Підставляючи значення зносу I_i в дану формулу отримаємо:

- для питомого навантаження 1 МПа: $k = 1,1$;
- для питомого навантаження 2 МПа: $k = 1,21$;
- для питомого навантаження 3 МПа: $k = 1,22$;
- для питомого навантаження 4 МПа: $k = 1,17$.

Найкращий результат досягнутий для питомого навантаження 3 МПа і становить $k_{\text{наіл}} = 1,22$.

Аналізуючи отримані дані видно, що зносостійкість горячештампованої карбідосталі, приблизно на 22% вище, ніж зносостійкість спеченої карбідосталі. Це пояснюється кращою закріплюемістю карбідних включень в матричному матеріалі горячештампованої карбідосталі. За схемою б були проведені випробування на зносостійкість горячештампованої карбідосталі при навантаженнях 6 - 12 МПа. Величина зносу зразка перебувала в тих же межах, що при випробуваннях за схемою а (0,45 - 0,80 мг/км). З огляду на результати випробувань фізико-механічних властивостей горячештампованої карбідосталі, отриманої з пористих заготовок спресованих ударним способом, можна рекомендувати її до застосування замість аналогічних карбидосталей, отриманих спіканням і гарячої екструзії.

Таким чином, встановлено, що при гарячому штампуванні попередньо підготовлених ударним пресуванням заготовок виходить структура з рівномірно розподіленими ланцюжками дрібнодисперсних твердих включень карбиду титану. Особливістю структури є відсутність значного дифузійного взаємодії за рахунок зниження температури і тривалості спікання і в наслідок чого не спостерігається коалесценції дрібнодисперсних частинок карбиду титану, як це має місце в спечених карбидосталей.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даній 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 захаращеності 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 ізолювані 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. Общетехнические 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 безопасной эксплуатации электроустановок».

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 неменше 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 оснащено 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 неменше 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. Общие 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 безпечності визначають:

- площа на одного працюючого не менше 4,5 м²;
- висота робочої зони від підлоги до стелі не менше 3,2 м;
- об'єм, що припадає на одного працюючого, не менше 15 м³.

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).

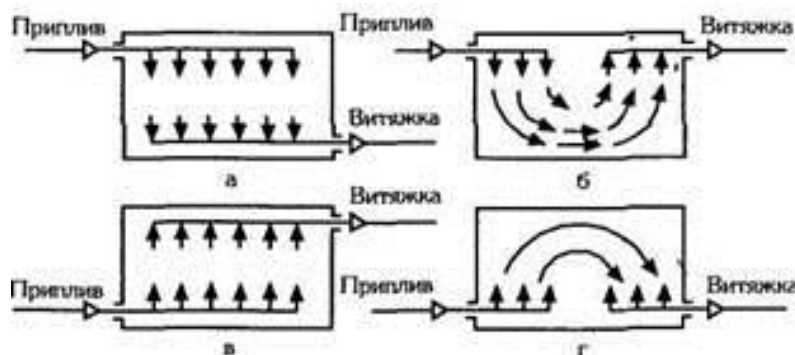


Рисунок 4.1 – Схема організації повітрообміну при загально обмінній вентиляції

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.

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

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

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

ρ – густина припливного повітря, що дорівнює 1,2кг/м³;

$t_{вид}$ – температура видаляемого з приміщення повітря, °C;

t_{np} – температура припливного (зовнішнього) повітря, °C.

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°C);

Для літнього періоду року (+27°C).

Температуру видаляемого з приміщення повітря знаходять за виразом:

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

де $t_{норм}$ – 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°C;

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

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

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

де H – висота приміщення, складає 8м.

$$H_{ц}=8 - 1=7\text{м}$$

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

Розрахунок повітрообміну за умови виділення надлишкової теплоти для зимового періоду:

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

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 пожежній небезпеці «Д», тому особливих мір захисту не передбачається. Використовуються пінні і вуглекислотні вогнегасники, кошма, ящики з піском. Приміщення підрозділів ХТО мають категорію 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 діляниць 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 кондиціонування приміщення.

Робоче приміщення повинно бути оснащено 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 івевакуації 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 Характеристика продукції

Метою цього розділу є обґрунтування доцільності використання технології гарячого штампування інструментів зі сталі Р6М5К5.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники виробів

Найменування виробу	Базовий виріб	Новий виріб
1. Протяжка	Р6М5К5	Р6М5К5
2. Технологія зміцнення	Гартування багаторазовим підігрівом 1210°C; Відпуск при 550°C (триразовий)	Гаряче штампування, Гартування 1210°C; Відпуск при 550°C (триразовий)
Програма випуску, шт.	300	300

Вартість сировини і основних матеріалів розраховується на основі технічно обґрунтованих норм використання на виробництво одиниці виробу, цін відповідних видів матеріальних ресурсів. При цьому враховуються транспортно-заготівельні витрати.

Вартість сировини та основних матеріалів наведена в таблиці 5.2.

Розрахунок витрати електроенергії. Основними споживачами електроенергії є соляна ванна та відпускна піч. Соляна ванна протягом всього періоду роботи споживає 68 кВт*год. Відпускна піч для здійснення одного відпуску потребує 15 кВт*год. електроенергії. Технологією передбачено здійснення трьох відпусків тому сумарне споживання електроенергії становить 143 кВт*год.

Таблиця 5.2 – Вартість основних матеріалів при хіміко-термічній обробці

Найменування сировини та основних матеріалів	Норма використання	Ціна, грн.	Вартість, грн.	
			Базова технологія	Нова технологія
P6M5K5	300 кг	35 грн./кг	11 215	10 500
Електроенергія промислова	143 кВт*год.	2,68 грн./кВт*год.	383	383
Мінеральна олія (гартівна)	10 л	48 грн./л	480	480
Разом	—	—	12 078	11 678

Основна заробітна плата (ЗО) основних виробничих робітників на одиницю виробу розраховується на основі трудомісткості виготовлення та часових тарифних ставок.

Розрахунок основної заробітної плати на одиницю продукції наведений в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Заробітна плата на одиницю продукції (розцінка)

Найменування операції	Норма часу, н-годин	Розряд робіт	Часова тарифна ставка, грн.	Заробітна плата на одиницю продукції (розцінка), грн.	
				Базова технологія	Нова технологія
Штампування	0,25	5	60		15
Гартування	2/1	5	60	120	60
Відпуск	10/10,5	5	60	600	450
Усього	12	—	—	720	705

Примітка: в таблиці виконано розрахунки вартості обробки 1 садки, яка складається з 300 деталей.

Додаткова заробітна плата (ЗД) виробничих робітників виплачується за кількість та якість виконаної роботи. Вона вміщує надбавки і доплати, премії за виробничі результати, оплату чергових та додаткових відпусток та інше. Додаткова заробітна плата складає 40% від основної та відповідно становить 288 гривень та 282 гривні для базової та нової технологій, відповідно.

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 наведеною нижче:

$$BC = (ZO + ЗД + ПП) * (K_{BC} / 100), \text{ грн.}, \quad (5.1)$$

де ZO – основна заробітна плата, грн.; ЗД – додаткова заробітна плата, грн.; ПП – премії з прибутку, грн.; K_{BC} – відрахування на соціальні заходи, %.

$$BC = (720 + 288 + 100) * (22 / 100) = 244 \text{ грн.}, \text{ – для базової технології};$$

$$BC = (705 + 282 + 100) * (22 / 100) = 240 \text{ грн.}, \text{ – для нової технології}.$$

Загальновиробничі витрати вміщують витрати на утримання та експлуатацію обладнання, цехові витрати і послуги виробничого характеру. Витрати на утримання та експлуатацію обладнання вміщують витрати на технічне обслуговування машин і механізмів, витрати на поточний ремонт обладнання, цехового транспорту та інструментів, знос малоцінних і швидкозношуваних приладів, заробітну плату допоміжного персоналу та інші. Цехові витрати вміщують витрати, пов'язані з поточним ремонтом та амортизацією будівель цеху, заробітну плату керівників і спеціалістів цеху, витрати на охорону праці та техніку безпеки в цеху та інші.

Загальновиробничі витрати складають в середньому 400 % до основної заробітної плати та відповідно становлять 2 880 гривень та 2 820 гривень для базової та нової технологій, відповідно.

Вищенаведені витрати складають виробничу собівартість. Вона становить 16 210 гривень та 15 575 гривень для базової та нової технологій, відповідно.

Адміністративні витрати вміщують витрати, пов'язані з утриманням адміністративно – управлінського персоналу підприємства, а також утриманням та експлуатацією основних засобів загального виробничого призначення, охорону праці та техніку безпеки персоналу та інші. Адміністративні витрати складають в середньому 500 % від основної заробітної плати основних виробничих робітників і становлять 3 600 гривень та 3 525 гривень для базової та нової технологій, відповідно.

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 становлять 324 гривні та 312 гривень для базової та нової технологій, відповідно.

Повна собівартість є сумою виробничої собівартості, адміністративних витрат та витрат на збут. Вона складає 20 134 гривні та 19 412 гривень для базової та нової технологій, відповідно.

Прибуток складає 30% від повної собівартості і складає 6 040 гривень та 5 824 гривні для базової та нової технологій, відповідно.

Оптова ціну визначають як суму повної собівартості та прибутку. Оптова ціна становить 26 174 гривні та 25 236 гривень для базової та нової технологій, відповідно.

Податок на додану вартість згідно законодавства становить 20 % від оптової ціни і становить 5 235 гривень та 5 047 гривень для базової та нової технологій, відповідно.

Ціну продажу виробу розраховується як суму оптової ціни та податку на додану вартість. Ціна продажу виробу становить 31 409 гривень та 30 283 гривні для базової та нової технологій, відповідно.

Калькуляція собівартості та ціни продукції наведена в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Калькуляція собівартості термообробки однієї садки

Статті витрат	Базова технологія, вартість грн.	Нова технологія, вартість грн.
1. Сировина і основні матеріали	12 078	11 678
2. Основна заробітна плата основних виробничих робітників	720	705
3. Додаткова заробітна плата основних виробничих робітників	288	282
4. Відрахування на соціальні заходи з заробітної плати основних виробничих робітників	244	240
4. Загальновиробничі витрати	2 880	2 820
5. Собівартість виробнича	16 210	15 575
6. Адміністративні витрати	3 600	3 525
7. Витрати на збут	324	312
8. Собівартість повна	20 134	19 412
9. Прибуток	6 040	5 824
10. Ціна оптова	26 174	25 236
11. Податок на додану вартість	5 235	5 047
12. Ціна продажу	31 409	30 283
13. Змінні витрати	13 654	13 221
14. Постійні витрати	6 480	6 345

5.2 Економічна ефективність

Розраховується економічна ефективність інноваційного проекту за такими показниками:

- економія витрат в виробництві;
- економія експлуатаційних витрат;
- питомі показники ефективності;
- беззбитковість виробництва;
- термін окупності додаткових капітальних вкладень;
- оцінка доцільності інвестицій (капітальних вкладень) в інноваційний проект.

Економія витрат в виробництві розраховується на основі економії конкретних видів матеріальних, трудових та інших ресурсів. Розрахунок економії витрат наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Економія витрат на виробництво

Найменування показника	Норма використання		Ціна, грн.	Вартість, грн.		Економія, грн.
	базовий виріб	новий виріб		базовий виріб	новий виріб	
Р6М5К5	300 кг	300 кг	35 грн./кг	11 215	10 500	0
Електроенергія промислова	143 кВт*год.	143 кВт*год.	2,68 грн./кВт*год.	383	383	0
Мінеральна олія (гартівна)	10 л	10 л	48 грн./л	480	480	0
Штампування	0,25 год.	0,25 год.	60 грн./год.	-	15	0
Гартування	2/1	0,25 год.	60 грн./год.	120	60	0
Відпуск	10/10,5	7,5 год.	60 грн./год.	600	450	0

Разом	—	—	—	12 798	12 383	415
-------	---	---	---	--------	--------	-----

$$E = C_b * K - C_n = 20\,134 * 1,4 - 19\,412 = 8\,775,6 \text{ грн.}$$

де E – економічний ефект від впровадження нової технології термообробки,; C_b – собівартість базового виробу, грн.; C_n – собівартість нового виробу, грн.; $K = 1,4$ – коефіцієнт експлуатаційного ресурсу.

Оскільки за 1 раз обробляється 300 деталей то змінні витрати на одиницю продукції становлять $13\,221 / 300 = 44,07$ грн. /од. продукції, а ціна відповідно становить $30\,283 / 300 = 100,94$ грн. /од. продукції.

В економічній частині було розраховано вартість базової та нової технологій хіміко-термічної обробки зубчастих коліс. Економічний ефект від впровадження нової технології термообробки становить 8 775,6 грн.

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 омилуванням;

- 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 оснащено 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 ефективним способом зменшення собівартості є зниження собівартості продукції шляхом впровадження економних технологій виробництва і використання світового досвіду щодо її зменшення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Солнцев Ю.П. Веселов В.А., Демьянцев В.П. Металловедение и технология. М.: Металлургия, 1988, 512 с.
2. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. М.: Металлургия, 1977. 407с.
3. http://metallcheckiy-portal.ru/marki_metallov
4. Гуляев А.П. Металловедение. М.: Металлургия, 1986. 542 с.
5. Попова Л.Е., Попов А.Л. Диаграммы превращения аустенита в сталях и β -раствора в сплавах титана: Справочник. М.: Металлургия, 1991. 504 с.
6. Позняк Л.А. Инструментальные стали. К.: Вища школа, 1996. 487 с.
7. Фиргер И.В. Термическая обработка сплавов. Ленинград.: Машиностроение, 1982. 304 с.
8. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. М.: Металлургия, 1983. 537 с.
9. Справочник по инструментальным сталям. / Под общей ред. Ю.Ф. Тернового. Харьков: Металика, 2008, 224 с.
10. Астапова А.А. Производство спеченных инструментальных сталей из порошков в смеси с тугоплавкими карбидами. *Обзор литературы. УкрНИИспецсталь*, 1974. Т.1. 42с.
11. Быков И.Д., Дубов Т.Л., Бокий Ю.Ф. Опыт изготовления инструмента из карбидостали. *Порошковая металлургия*. 1984. №5. С. 40–44.
12. Гуревич Ю.Г., Нарва В.К., Фраге Н.Р. Карбидостали. М.: Металлургия, 1988. 144 с.
13. Кюбарсепп Я.П. Твердые сплавы со стальной связкой. Таллин: Валгус-ТТУ, 1991. 164 с.
14. TiC-tool steel composite with improved wear at high temperatures. *Metal Powder Rept.* 1988. №3. P. 202.

15. Кипарисов С.С., Нарва В.К., Даляева Л.И. Новые износостойкие металлокерамические материалы с использованием карбида титана. М.: Цветметинформация, 1972. 60 с.
16. Кипарисов С.С., Нарва В.К., Даляева Л.И. Формирование структуры сплавов карбид титана – сталь при спекании: Сообщение 1. *Порошковая металлургия*. 1976. №6. С. 67–72.
17. Кипарисов С.С., Нарва В.К., Даляева Л.И. Формирование структуры сплавов карбид титана – сталь при спекании: Сообщение 2. *Порошковая металлургия*. 1976. №10. С. 72–76
18. Середа Н.Н., Ковальченко М.С. Структура и свойства износостойких материалов на основе карбида титана. *Спеченные износостойкие материалы. Науч.тр.МИСиС*. 1977. №99. С. 53–56
19. Баглюк Г.А., Макарова Г.Е., Позняк Л.А. Развитие работ в области горячей штамповки пористых порошковых заготовок. Киев: ИПМ АН УССР, 1986. 27 с.
20. Баглюк Г.А., Позняк Л.А. Структурообразование при активированном спекании быстрорежущей стали. *Порошковая металлургия*. 2004. №11/12. С. 28–34.
21. Успенский М.М. Разработка технологического жидкофазного спекания инструмента из порошков быстрорежущей стали. Порошковые быстрорежущие стали (структура, свойства, технологии производства инструментов). Киев: Наук.думка. 1990. С. 90–94.
22. Martins I.M., Oliveira M., Carvalhinhos H. Wear Resistant High Speed Steel Matrix Composites. *Advances in Powder Metallurgy & Particulate Materials*.- Princeton, N.J. 1992. vol.6. P.213–218
23. Оленина Н.С., Горюшина М.Н., Гавриков Н.Н., Сергазин Т.Ш. Высокоплотный композиционный материал быстрорежущая сталь 10P6M5 – карбид титана. *Порошковая металлургия*. № 6. 1981. С. 65–68.

24. Ferro-TiC® Steel Bounded Carbides [Электроний ресурс]. – Режим доступу: www.ferro-tic.com/wearparts.html/
25. Ferro-Titanit® [Электроний ресурс]. – Режим доступу: www.ferrotitanit.com/en/home/-8k
26. Зубкова В. Т., Терновой Ю. Ф., Ноговицын А. В. Новый композиционный материал типа «карбидосталь» для изготовления износостойкого горнорудного и металлообрабатывающего инструмента. *Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения*. Сб. научн. трудов, вып. 7. Киев: ИСМ НАН Украины. 2004. С. 267 – 271.
27. Дорофеев Ю.Г., Гасанов Б.Г., Дорофеев В.Ю., Мищенко В.Н. Промышленная технология горячего прессования порошковых изделий. М.: Металлургия, 1990. 206 с.
28. Степанчук А. Н., Билык И. И., Боко П. А. Технология порошковой металлургии. Киев: Выща шк. Головное изд-во, 1989. 415 с
29. Андриевский Р.А., Дзнеладзе А.Ж., Петров Л.Н., Юдин С.В. Размол карбида и нитрида титана, полученных методом СВС, в атриторе. *Порошковая металлургия*. 1983. № 11. С. 1–3
30. Барский М. Д. Фракционирование порошков. М.: Металлургия, 1980. 235 с
31. Баглюк Г.А. Научно-технологические принципы получения изделий из порошковых материалов на основе гетерогенных железо–углеродистых сплавов с повышенной износостойкостью. Диссертация докт. техн. наук. Киев: ИПМ НАН Украины, 2004. 482 с.
32. Трощенко В.Т., Руденко В.Н. Прочность металлокерамических материалов и методы ее определения. Киев: Техника, 1966. 189 с.
33. Мильман Ю.В. Зависимость твердости от нагрузки на индентор и твердость при фиксированной диагонали отпечатка. *Проблемы прочности*. 1990. №6. С. 52–56.

34. Панов В.С., Коц Ю.Ф., Боднарчук В.И. Природа жидкой фазы, образующейся при спекании стали Р6М5, полученной из стружковых отходов. *Порошковая металлургия*. 1985. №11. С. 42–44.