

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний

(повне найменування інституту, назва факультету)

Обробка металів тиском

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Магістр

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему "Дослідження прокатування труби
заготовки на стани 1050 в умовах ДС"

Виконав: студент VI курсу, групи М-813м
спеціальності (напряму підготовки)

131 Прикладна механіка

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Гармаш С. А.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Розум В. Д.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Каленченко Р. В.

(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя

20/8 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Обробки металу тиском
 Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) Маїстр
 Спеціальність 131 прикладна механіка
 (код і назва)
 Напрямок підготовки Обл. та тех. мех. пласт. форми констр. машинобудівники
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Широкобров В.В.

„18” 12 2018 року

ЗАВДАННЯ
 НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Тармач Станіслав Андрійович
 (прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Темароботи „Дослідження прокатування трубної заготовки на сталі 1050 в душові ДСС”

керівник роботи Обдур Василь Дмитрович,
 (прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від „23” 11 2018 року № 363

2. Строк подання студентом роботи 15.12.2018

3. Вихідні дані до роботи Звіт з переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз наукової інформації
2. Дослідна частина
3. Оцінка процесу

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентація матеріалу

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Прийняв виконане завдання
1. Аналіз Наук. інформац.	Обзир В.Д. - доц. к.т.н.	Обзир В.Д.	обз
2. Конструктивно-технологічна частина	Обзир В.Д. доц. к.т.н.	Обзир В.Д.	обз
3. Оцінка праці	Нестеров ОВ к.т.н. доц.		
4. Нормоконтроль	Матюшин А. Ю.		

7. Дата видачі завдання

2.09.2018 р.

обз

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Проходження першої дипломної практики	2.09 - 23.09.18	
2	Збір матеріалу	24.09 - 12.10.18	
3	Аналіз наукової інформації	13.10 - 23.10.18	
4	Обзор об'єкта дослідження	24.10 - 11.11.18	
5	Розробка рішень в обчисленнях	12.11 - 23.11.18	
6	Проведення фактичного аналізу з'ясування	24.11 - 2.12.18	
7	Складання проєкції	3.12. - 7.12.18	
8	Складання Оцінки праці	8.12 - 15.12.18	

Студент

Гармаш С.А.
(підпис)

Гармаш С.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Обзир В.Д.
(підпис)

Обзир В.Д.
(прізвище та ініціали)

Реферат

ПЗ: 126с., 42 Рис., 31 табл., 26 джерел.

Об'єкт дослідження - прокатування нержавіючих сталей на блюмінгу заводу «Дніпрспецсталь».

Мета роботи - розробка деформаційно-швидкісних параметрів прокатування кругів 230-260 мм з нержавіючих марок сталі на блюмінгу 1050/950.

Метод дослідження - системний і трансформаційний аналіз.

Отримані результати - заміна Малопродуктивного процесу кування з великими втратами металу в окалину, кусків і відходи, абразивний пил і стружку на нову технологію плющення. Плющення характеризуються високою продуктивністю і більш дешевою вартістю переділу. Розробка технології плющення велася шляхом коректування заводських технологій, яку не вдалося впровадити зі наступних причин: нераціональний режим деформації, нерівномірне заповнення калібрів металом, зварювання прокату в процесі прокатування.

Рекомендації до впровадження - результати дипломного проекту передбачається впровадити на ОАО «Днепрспецсталь».

ГАРЯЧЕ ПЛЮЩЕННЯ, ДЕФОРМАЦІЯ, БЛЮМ, РЕКРИСТАЛІЗАЦІЯ, ПОЛІГОНІЗАЦІЯ, ВАЛКИ, КАЛІБР, РОЗШИРЕННЯ, ВИПЕРЕДЖЕННЯ, РЕЖИМ, ШВИДКІСТЬ

Перелік скорочень

σ_A - умовний межа плинності;

σ_B - границя міцності;

Ψ - відносне звуження;

K_{CV} - ударна в'язкість зразків з V-подібним надрізом;

K_{CT} - робота поширення тріщини;

u – швидкість деформації;

ϵ_{max} - ступінь деформації при якій досягається стале стадія;

$a_{уп}$ - напруга на сталій стадії деформації;

t - час;

T_{def} - температура деформації;

K_p - коефіцієнт орієнтації зерен;

D - розмір зерен;

Зміст

Вступ	8
1 Аналіз наукової інформації	11
1.1 Загальна характеристика сталі 08X18H10T	11
1.2 Вплив гарячої деформації на структуру і механічні властивості сталі 08X18H10T	15
1.3 Проблеми прокатуваності нержавіючих сталей	35
Прокатка нержавіючих кислотостійких сталей	35
Дефекти що утворюються з причин, безпосередньо від деформації не залежних	38
Прокатуваність і структура нержавіючих сталей	42
Аналіз технологічних параметрів нержавіючих сталей	47
Опір деформації	47
Розширення	49
Випередження	53
Схильність до налипання	55
Особливості деформації	55
1.4 Нагрівання нержавіючих сталей	57
1.4.1 Нагрівання злитків нержавіючих сталей аустенітного класу	57
1.4.2 Режим нагріву злитків сталі 12X18H10T	58
1.5 Калібрування валків для прокатки нержавіючих сталей	63
Аналіз систем калібрування валків для прокатки нержавіючих сталей.	63
Складки, зморшки і форма калібрів	73
Результат аналізу систем калібрування валків для прокатки нержавіючих сталей	73
Дослідження прокатки сталі X18H9T з підвищеними обтисканнями на блюмінга	73
Зміна поверхневих дефектів під час прокатки трубної заготовки з корозійностійкої сталі	78
2. Дослідницька частина	86
2.1 Коротка технічна характеристика стану "1050/950".	86
2.1.1 Призначення і сортамент стану	86

2.1.2	Приймальна ділянка..	87
2.1.3	Ділянка робочих клітей	87
2.1.4	Обтискна кліть	88
2.1.5	Заготовочна кліть.	89
2.1.6	Підпільні кантователі	89
2.2	Розробка режимів обтиснень, калібрування валків і технології прокатки прутка з круглим перерізом діаметром 230 - 265 мм з нержавіючої сталі на блюмінгу з використанням САПР ТП, що забезпечують стабільність процесу прокатки	89
2.2.1	Аналіз недоліків заводської технології	89
2.2.2	Технологія прокатки прутка з круглим перерізом 265 мм з видачею готового прокату з першої кліті (варіант І)	90
2.2.3	Технологія прокатки прутка з круглим перерізом 265 мм з видачею готового прокату з другої кліті (варіант 2)	992
2.2.4	Технологія прокатки прутка з круглим перерізом 230 мм з видачею готового прокату з другої кліті	999
2.2.5	Визначення завантаження обладнання головної лінії блюмінга по енергосилових параметрів прокатки з використанням САПР	101
2.2.6	Перевірочний розрахунок завантаження устаткування головної лінії блюмінга по енергосилових параметрів прокатки	102
2.2.7	Проведення досвідчених прокаток і аналіз їх результатів.	107
	Коригування технології прокатки.	
	Рекомендації по прокатці прутка з круглим перерізом діаметром 265 мм з нержавіючої сталі	107
	Висновок	109
3	Охорона праці	110
	Аналіз потенційних небезпек	110
	Заходи забезпечення техніки безпеки	111
	Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни	115
	Заходи з пожежної безпеки	117
	Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях	119
	Література	122
	Додатки	126
	Додаток 1. Специфікація	126

Вступ

Щорічне збільшення метало споживання невід'ємно пов'язане з найбільш розвиненою галуззю чорної металургії України - трубним виробництвом. По випуску труб Україна займає 11 місце в світі, маючи можливість виготовлення понад 5 млн. Тон труб на рік. Високі темпи нарощування виробничих потужностей і розширення сортаменту сталевих труб обумовлені інтенсивним зростанням їх споживання. Споживання труб пов'язано зі зміною структури паливного балансу, швидким розвитком трубопровідного транспортування газу, рідин і сипучих речовин, будівництва і т.д. [1]

Однак, при цьому всі труби повинні володіти рядом високих споживчих якостей. З цієї причини розширення сортаменту на Нікопольському Південнотрубному заводі направлено на випуск безшовних труб з корозійностійких сталей великого діаметру [2].

Виробництво трубних заготовок з нержавіючих сталей (кола діаметром 265-230мм) передали на завод «Дніпроспецсталь»

Поряд з прокатними станами, обтискні-заготовочних 1050/950 і трьома лінійними сортовими станами 550, 325 і 280, на заводі встановлено чотири гідравлічних преса зусиллям від 5 до 60 МН, є молота з масою падаючих частин від 1 до 3 тон і дві радіально кувальні машини РКМ-1000 і РКМ-340. Для холодної деформації на заводі в калібрувальному цеху є волочильні, ланцюгові і барабанні стани.

Тому в марочний сортамент заводу «Дніпроспецсталь» входять важко деформовані сталі і сплави, традиційна деформаційна схема яких включає ковку злитків на пресах з подальшим переділом на інших кувальних агрегатах або на прокатних станах. Використовується також схема, що включає прокатку злитків на першому етапі і ковку катаних заготовок на пресах або радіально-кувальних машинах на другому етапі деформування [3].

Вибір технологічної схеми визначається, головним чином, вимогою до якості продукції. другим критерієм вибору способу деформування злитків і заготовок є економічна доцільність тієї чи іншої схеми.

Кування забезпечує індивідуальні умови деформування кожного злитка і заготовки за рахунок оперативної зміни режимів деформації в залежності від технологічної пластичності сталі. При куванні застосовують проміжний підігрів поковок до температур максимальної пластичності металу, проміжну обдирання поковок для видалення утворюються поверхневих дефектів або вирубку дефектів в гарячому стані.

Крім цього, кування на пресах і молотах забезпечує ідеальну схему тристороннього стиснення по всьому перетину профілю. В результаті цієї обробки отримується металопродукція яка характеризується високою якістю поверхні та інтенсивної опрацюванням осрової зони круга. Однак, при всіх своїх перевагах кування малопродуктивний процес з великими втратами металу в угар, окалину, кускові відходів, абразивний пил і стружку, що обумовлює високу собівартість поковок.

Тому, з метою зменшення витрат на виробництво металопродукції, останнім часом на заводі проведений ряд робіт по заміні операції кування на пресах прокаткою на обтискующим-шаготовочним стані 1050/950 і заміні операції кування на молотах прокаткою на сортовому стані 550.

Зменшенням витрат по переділу, підвищенням продуктивності та економією металу обумовлено і освоєння гомології виробництва прутків діаметром 250 і 290 мм з нержавіючих сталей прокаткою на обтискний кліті 1050 замість кування на пресах.

Через підвищену схильність нержавіючих сталей до ширення і високого опору деформації їх прокату на сортаментів в обтискній кліті без утримання привалкової арматури викликає значні труднощі, пов'язані з явищем втрати стійкості розкату при деформації в круглому калібрі.

Маніпулятивні лінійки блюмінга призначені для передачі розкату з одного калібру в інший калібр і не можуть виконувати в повному обсязі функцій

пропусків і, тому, не забезпечують необхідного стійкого становища овального розкату при прокатці в круглому калібрі. Тому ніде в світі не виробляють круглі профілі з нержавіючої аустенітної сталі на блюмінгу. Заводу «Дніпроспецсталь» першим вдалося отримати прокат діаметром 230 - 265 мм зі сталі 12Х18Н10Т на обтискному стані. Прокат діаметром 230 мм, отриманий із злитків масою 3,6 і 4,3 т, має внутрішні дефекти протяжністю по довжині прутка до 500 мм, які класифікуються як осьова пористість злитка, що не заварити при деформації. Прокат діаметром 265 мм в даний момент знаходиться на стадії освоєння.

1. Аналіз наукової інформації

1.1 Загальна характеристика сталі 08X18H10T

Призначена: зварна арматура, що працює в середовищах підвищеної агресивності, теплообмінники, муфелі, труби, деталі пічної арматури, електроди іскрових запальних свічок [4].

Сталь корозійностійка і жаростійка аустенітного класу.

Хімічний склад сталі по ГОСТ 5632-72:

С 0,08%;
 Cr 17...19%
 Ni 9...11%
 Cu до 0,3%
 Si0, 8%
 Mn до 2%
 Ti 5С...0,7%

Зарубіжні аналоги сталі 08X18H10T:

США	AISI 321
Німеччина	1.4541, X10CrNiTi18-9
Японія	SUS321
Франція	321F00, Z6CN18-10
Англія	321S18
Китай	0Cr18Ni10Ti
Швеція	2337
Польща	0H18N10T
Чехія	17246
Австрія	X6CrNiTi18-10S
Іспанія	F.3523, X6CrNiTi18-10
Італія	X8CrNiTi1811

Таблиця 1.1 –Механічні властивості

ГОСТ	Стан поставки режиму термообробки	Перетин мм^2	$\sigma_{0,2}$ МПа	σ_B МПа	δ_5 %	Ψ %
5949-75	Прутки. Гарт 1020-1100 Охолодження на повітрі в маслі, воді	60	196	490	40	55
18907-73	Прутки шліфовані оброблені на задану міцність	1-30	-	590-830	20	-
7350-77	Литі гаряче і холодно катані. Гарт 1000-1080 вода повітря	Бл. 4	206	509	43	-
5582-75	Литі гаряче і холодно катані. Гарт 1050-1080 вода повітря	До 3.9	-	520	40	-
25054-81	Поковка. Гарт 1050- 1100 вода чи повітря	1000	196	490	35	40
9940-81	Труби безшовні гаряче деформовані без термообробки	3.5	-	510	40	-

Таблиця 1.2 - Механічні властивості при підвищених температурах

Температура	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5	ψ	кси
	МПа		%		Дж/см"
20	275	610	41	63	245
300	200	450	31	65	-
400	175	440	31	65	313
500	175	440	29	65	363
600	175	390	25	61	353
700	160	270	26	59	333

Технологічні властивості:

- температура кування 1220°C начало, кінець 900°C , перетин до 300 мм охолоджуються на повітрі.
- зварювальність - способи зварювання РДЗ, АДЗ під флюсом і газовим захистом АДЗ, КТЗ і ЕШЗ.

При високому вмісті в сталі легуючих елементів розширюють область у фази при нормальній температурі можна отримати чисто аустенітну структуру. При високому вмісті Ni і Mn вони є основною складовою матриці. Аустеніт - твердий розчин вуглецю та інших домішок в залізі у фазі. Атом вуглецю у решітці в заліза розташовується в центрі елементарної комірки ГЦК (Рис. 1.1) в якій може поміститься сфера радіусом $0,41R$ (R - атомний радіус заліза) і в дефектних областях кристала.

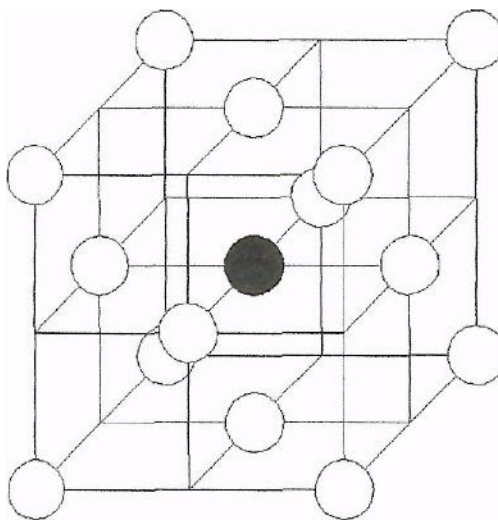


Рисунок 1.1 - Гранецентрична кубічна решітка

Легуючі елементи розчиняючись у залізі, підвищують міцність аустеніту при нормальних і високих температурах. Для легованого аустеніту характерні низька межа плинності при порівняно високому межі міцності. При цьому аустеніт легко наклепується тобто швидко і сильно зміцнюється під дією холодної деформації. Аустеніт парамагнітний, володіє великим коефіцієнтом теплового розширення.

Для визначення в даній сталі структурного стану скористуємося діаграмою Шеффлера для нержавіючих сталей (Рис. 1.2). На рисунку 1.2 зона 1 відповідає складу сталі 08X18H10T.[5]

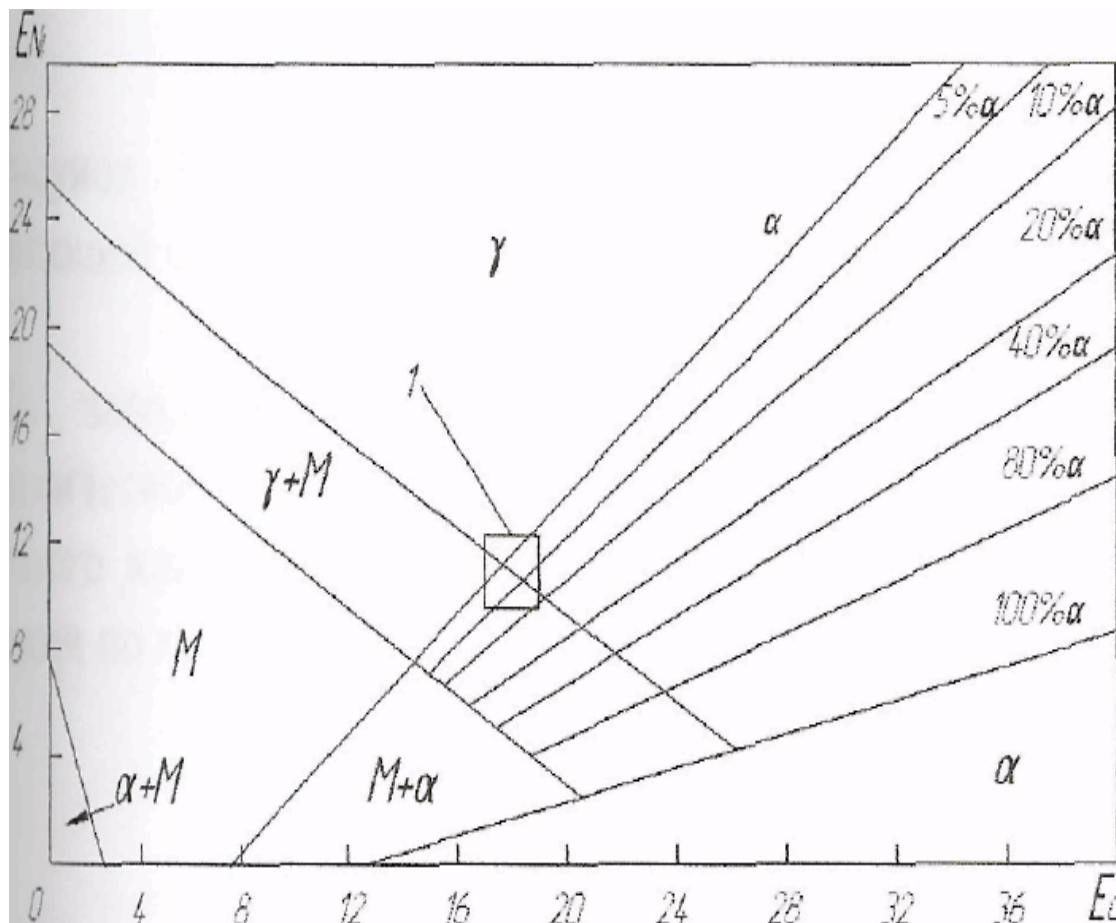


Рисунок 1.2 - Діаграма Шеффлера для нержавіючих сталей

Для визначення пластичності сталі 08X18H10T скористаємося Рисунок 1.3. Звідси видно, що пластичність сталі залежить на пряму від відхилень в хімічному складі. Чим більше нікелю, магнію (еквіваленти нікелю) і при цьому менше хрому, кремнію, і титану (еквіваленти хрому) пластичність задовільна. Якщо відхилення по еквівалентів будуть протилежні в такому випадку сталь володіє особливо низькою пластичністю.

Іноді з метою поліпшення технологічної пластичності нержавіючих сталей аустенітно-феритного класу використовується виплавка металу з звуженими межами за хімічним складом [6].

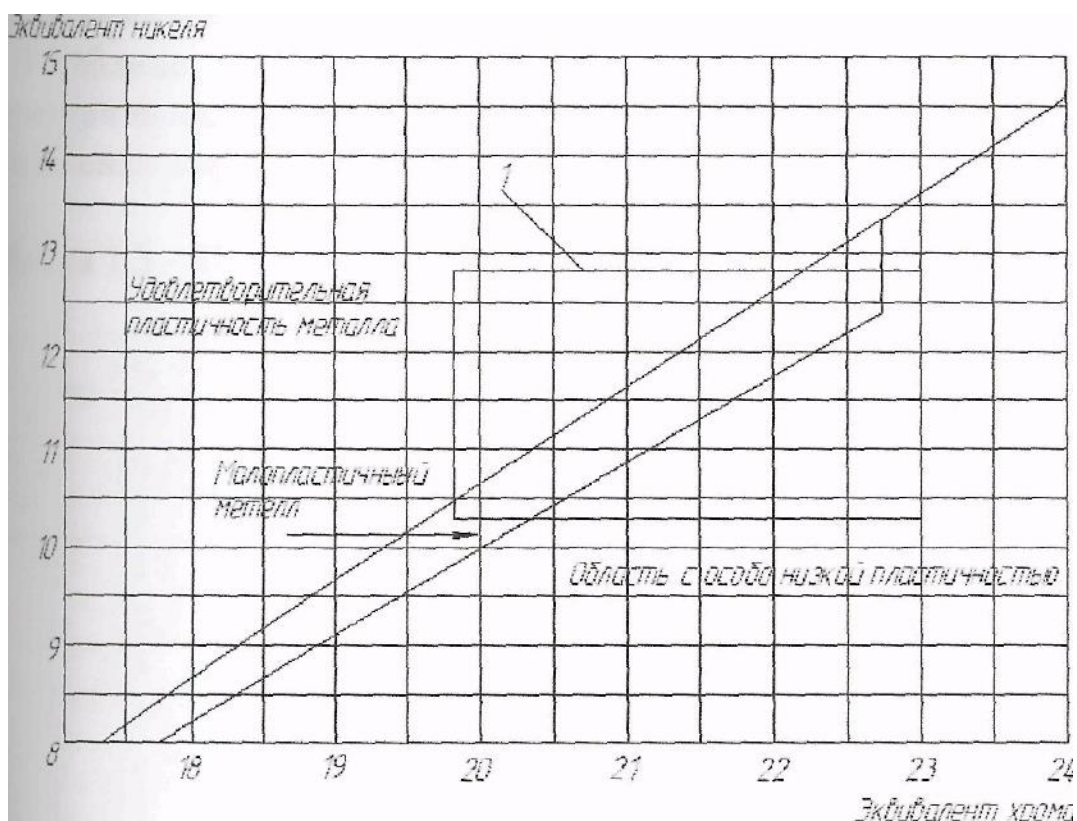
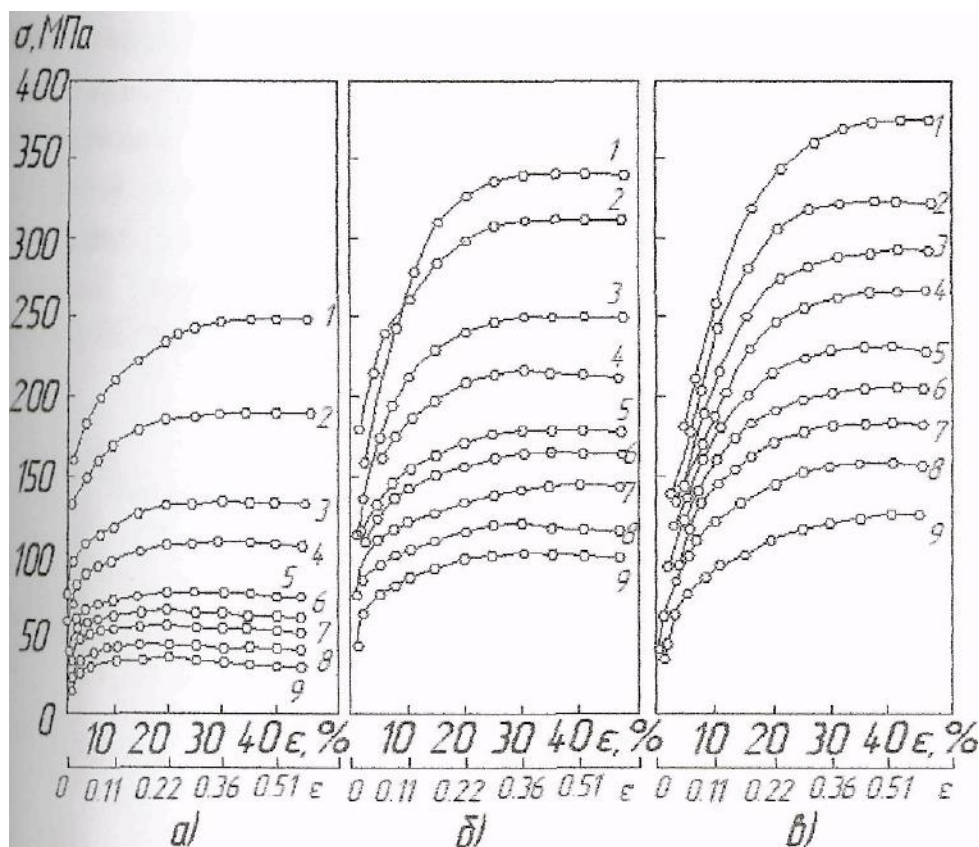


Рисунок 1.3 - Діаграма для визначення пластичності нержавіючої сталі

1.2 Вплив гарячої деформації на структуру и механічні властивості сталі 08X18H10T

Для розуміння процесів структуроутворення в аустенітних нержавіючих сталях при гарячій деформації необхідно встановити температурно-швидкісні інтервали прояву можливих механізмів зміцнення (знеміцнення) сталей цього типу і закономірності процесів структуроутворення. [7]

У таблиці 1.3 наведені параметри діаграм високо температурної опади у координатах справжнє напруження відносно деформації (Рис. 1.4) для сталі 08X18H10T.



а) при $u = 10^{-3} \text{ c}^{-1}$; б) при $u = 0,5 \text{ c}^{-1}$; в) при $u = 5 \text{ c}^{-1}$. 1-800°C; 2-850°C; 3-900°C; 4-950°C; 5-1000°C; 6-1050°C; 7-1100°C; 8-1150°C; 9-1200°C.

Рисунок 1.4 - Діаграми високо температурної деформації осадково сталі 08X18H10T:

Таблиця 1.3 - Параметри діаграм високотемпературного стискування

$T, ^\circ\text{C}$	u, c^{-1}	ϵ_{max}	$\sigma_{\text{уст}}, \text{МПа}$	$\tau_{\text{max}}, \text{C}$
800	10^{-3}	0,47	245	375
	0,5	0,43	340	0,70
	5	0,60	380	0,09
850	10^{-3}	0,43	188	350
	0,5	0,43	351	0,70

Продовження

	5	0,51	327	0,08
900	10^{-3}	0,39	132	325
	0,5	0,43	251	0,70
	5	0,51	294	0,08
950	10^{-3}	0,36	105	300
	0,5	0,43	224	0,70
	5	0,51	269	0,08
1000	10^{-3}	0,29	73	250
	0,5	0,43	181	0,70
	5	0,43	230	0,07
1050	10^{-3}	0,25	61	225
	0,5	0,43	163	0,07
	5	0,51	206	0,08
1100	10^{-3}	0,22	52	200
	0,5	0,43	137	0,70
	5	0,51	186	0,08
1150	10^{-3}	0,16	38	150
	0,5	0,36	115	0,60
	5	0,51	156	0,08
1200	10^{-3}	0,11	29	100
	0,5	0,29	100	0,5
	5	0,51	124	0,08

Величина зерна сталі в початковому стані становила ~ 25 мкм. отримані діаграми високотемпературної деформації 08X18H10T в дослідженому інтервалі $t_{\text{деф}} = 800-1200^{\circ}\text{C}$ і швидкостей деформації $u = 10^{-3}-5\text{c}^{-1}$ характеризуються відсутністю явно вираженого максимуму напруги. Напруга течії зростає до деякого значення $\sigma_{\text{уст}}$, характеризуючи сталу стадію деформації, і в подальшому не змінюється.

Ступінь деформації $\varepsilon_{\max}$, при якій досягається встановлення стадії, характеризує схильність матеріалу до знеміцнення в конкретних умовах гарячої деформації в залежності від температури і швидкості. Зі збільшенням швидкості деформації при даній температурі $\varepsilon_{\max}$ зміщується в бік високих ступенів деформації, причому залежність тим сильніше, чим вище температура (Рис. 1.5). При швидкості деформації 10^{-3} c^{-1} зі збільшенням температури $\varepsilon_{\max}$ зменшується (Рис. 1.5), Аналогічна залежність для $u = 0,5 \text{ c}^{-1}$ спостерігається тільки для температури деформації вище 1100°C . При $u = 5 \text{ c}^{-1}$ з зміною температури деформації $\varepsilon_{\max}$ практично не змінюється і становить $\sim 0,5$.

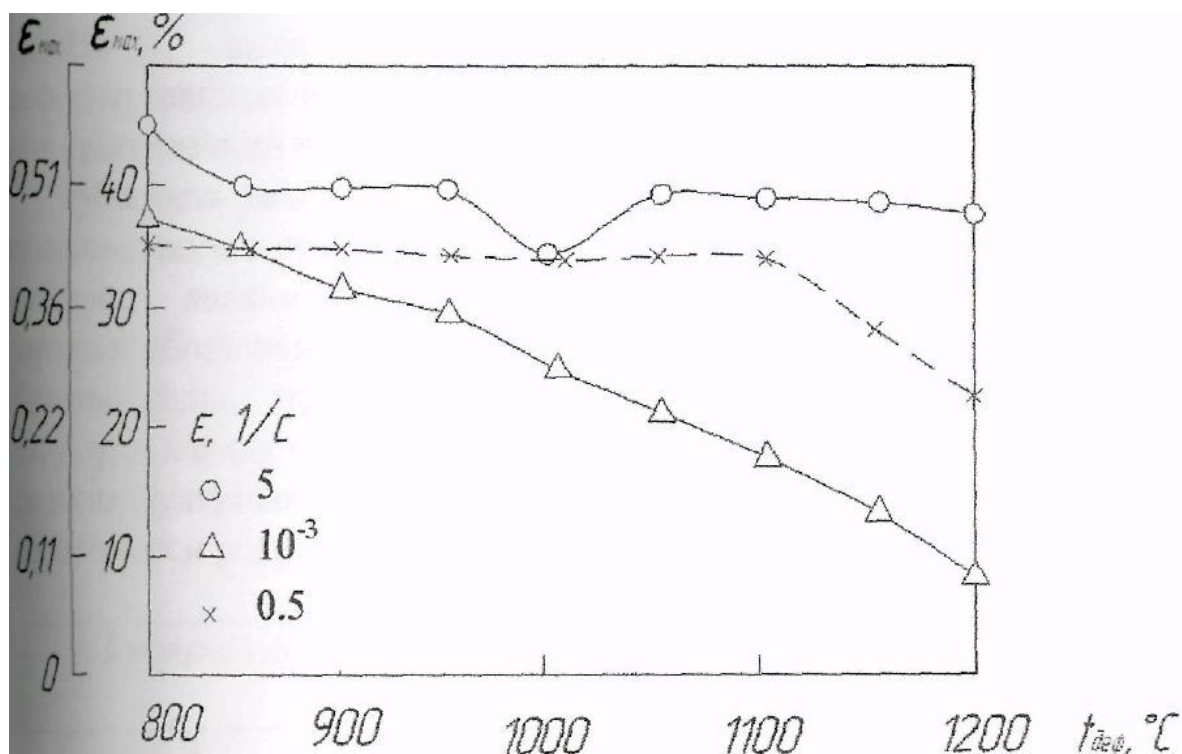


Рисунок 1.5 – Залежність $\varepsilon_{\max}$ від температури деформації сталі 08X18H10T

Таким чином, особливістю гарячої деформації сталі 08X18H10T є сильна залежність $\varepsilon_{\max}$ від швидкості в області температур вище 1000°C і від температури в області швидкостей деформації $\sim 10^{-3} \text{ c}^{-1}$. В інтервалі же швидкості $0,5 \text{ c}^{-1}$ ступінь

деформації, при якій досягається встановилася стадія, практично не змінюється аж до температури деформації 1100°C і становить $0,43 — 0,51$.

Напруга течії на сталій стадії зростає зі збільшенням швидкості і зниженням температури деформації.

Діаграми високотемпературної деформації без максимуму напруги зазвичай пов'язують з знеміцнення на сталій стадії за типом динамічної полігонізації [8, 9, 10, 11]. Дійсно, аж $t_{\text{деф}} = 900^{\circ}\text{C}$ на встановленій стадії ($\varepsilon = 0,7$) наглядали структуру динамічної полігонізації. Проводить металографічний і електронно-мікроскопічний аналіз виявили наявність витягнутих вихідних зерен (Рис. 1.6, а) з розвиненою полігонізованою структурою всередині яких при всіх досліджених швидкостях деформації (Рис. 1.6, г, д). При $t_{\text{деф}} = 850^{\circ}\text{C}$ виявлені зубчасті кордону вихідних деформованих витягнутих зерен, причому особливо чітко при порівняно низьких швидкостях деформації.

Зубчастість є наслідком переважного розвитку полігонізації в прикордонних обсягах, де виростають великі зерна, є, по суті справи, ранньою стадією зародкоутворення при динамічній рекристалізації. Дійсно, при підвищенні температури деформації в структурі, поряд з вихідними витягнутими зернами, в перетинах, перпендикулярних площині стиснення, спостерігаються рівності динамічно-рекресталізованні зерна (Рис. 1.6, б).

Таблиця 1.4 – Структура відносно температури і деформуванні.

Рисунок 1.6	$t_{\text{деф}}, \text{деф}'$	$\dot{\varepsilon}, \text{с}^{-1}$	Збільшення
А	900	5	320
Б	1000	5	320
В	1100	0,5	320
Г	850	10^{-3}	15700

Д	900	5	11000
Е	1050	0,5	5000
Ж	1100	0,5	15700
З	1150	0,5	11000

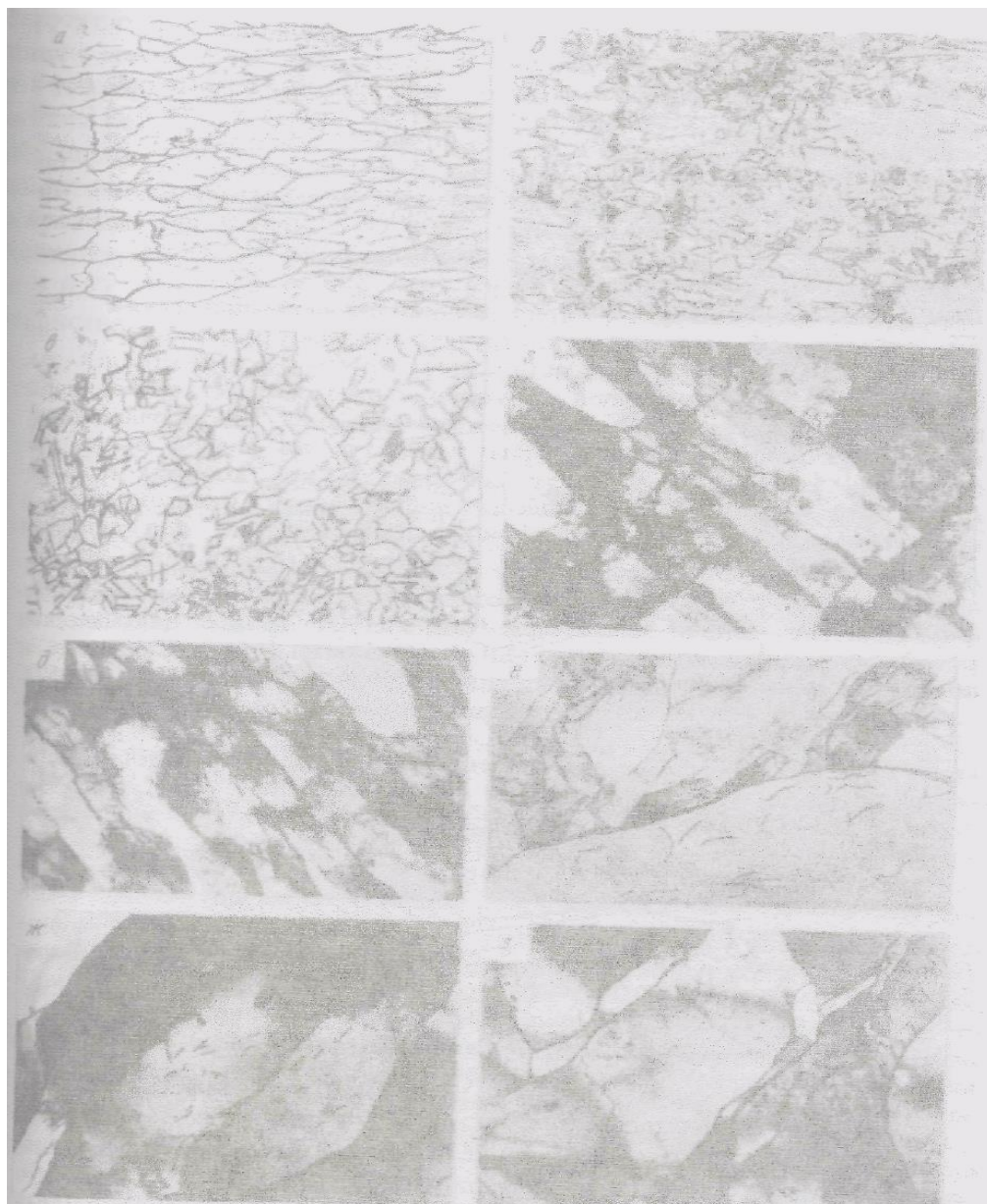


Рисунок 1.6 – Структура сталі 08X18N10T після гарячого деформування $\varepsilon = 50\%$

Температура початку динамічної рекристалізації залежить від швидкості деформації: чим вище швидкість, тим нижче температура початку рекристалізації. Так, при $\dot{\epsilon} \approx 5 \text{ с}^{-1}$ температура рівна $\sim 930^\circ\text{C}$, а при $\dot{\epsilon} \approx 10\text{--}3 \text{ с}^{-1}$ температура початку рекристалізації близька до 990°C (Рис. 1.7). З підвищенням температури деформації при одній і тій же, досить великій (більше $\epsilon_{\text{уст}}$), ступеня деформації частка рекристалізаційних зерен збільшується. Деформація при температурі вище 1100°C з дослідженої швидкістю ($\epsilon = 0,7$) призводить до формування повністю динамічної рекристалізаційної структури (Рис. 1.6, в, 1.7).

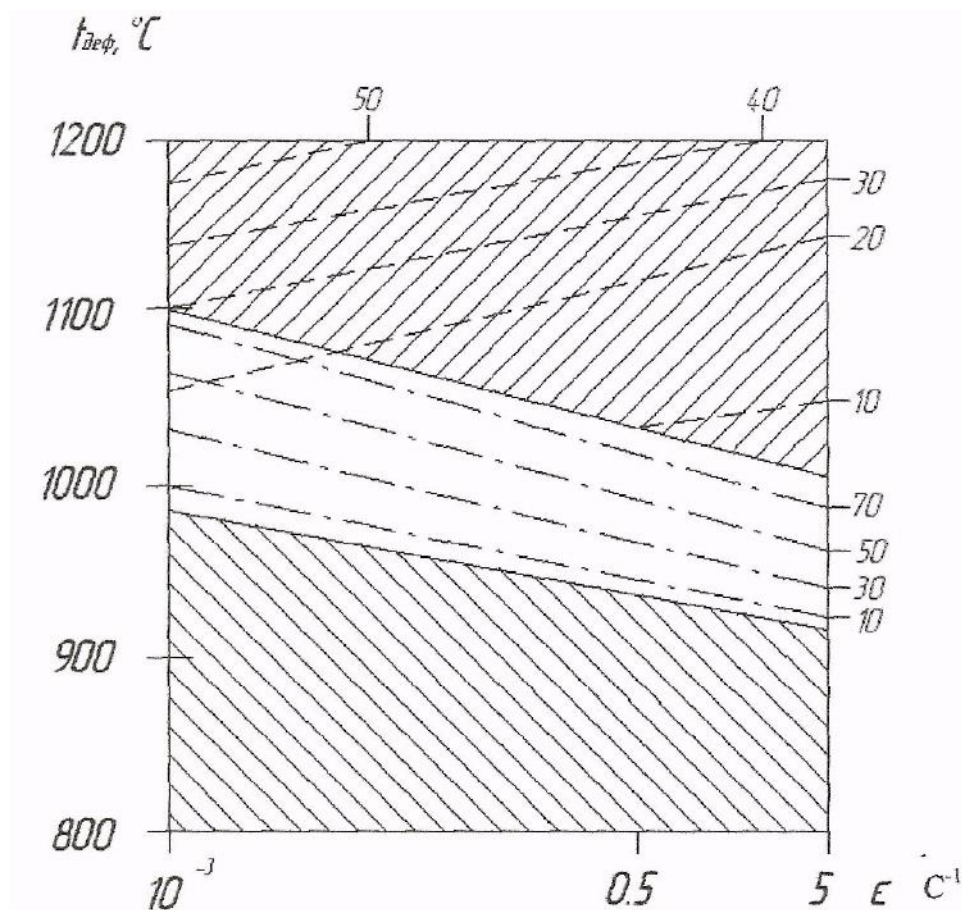


Рисунок 1.7 - Карта структурних станів сталі типу

08Х18НЮТ при гарячій деформації ($\epsilon = 0,7$); штрихпунктирні лінії рівних значень частки рекристалізаційних зерен (%), штрихові - лінії рівних величини рекристалізаційних зерен, мкм.

Ознакою динамічної природи рекристалізації служить наявність субзернової структури всередині практично рівних зерен (див. Рис. 1.6, в, ж, з). Існування структури гарячого наклепу, чистої і полігонізованої структури свідчить про неоднорідність тонкої структури в ході динамічної рекристалізації; по-різному орієнтовані зерна знаходяться на різній стадії деформації. Інтервал температур деформації, при яких одночасно можуть проходити процеси динамічної полігонізації в початкових зернах і динамічної рекристалізації для швидкості деформації $u=5 \text{ c}^{-1}$ становить $\sim 80^\circ \text{C}$, а для $u=10^{-3} \text{ c}^{-1}$ збільшуються до $\sim 110^\circ \text{C}$. Іншими словами, при більшій швидкості деформації не тільки знижується температура початку динамічної рекристалізації, а й звужується інтервал температур переходу до повністю динамічної рекристалізаційної структури (рис. 1.7).

Перебіг динамічної рекристалізації супроводжується зміною середнього розміру зерна D коефіцієнта площинний орієнтації (Кор) на сталій сталі деформації (Рис.1.8). При $t_{\text{деф}} < 900^\circ \text{C}$ середня величина вихідного витягнутого зерна і коефіцієнта площинний орієнтації практично незалежний від температури.

Подальше підвищення температури деформації призводить до зменшення як середнього розміру зерна, так і коефіцієнта площинний орієнтації внаслідок утворення дрібних рекристалізованих зерен, особливо при підвищенні швидкості деформації. У разі, коли $u = 10^{-3} \text{ c}^{-1}$, зменшення середнього розміру зерна не спостерігається, а коефіцієнт площинний орієнтації якісно ставиться так само, як і при великих швидкостях. При настільки повільній швидкості деформації можливо укрупнення зерен структури.

Процеси структуроутворення в міру збільшення ступеня гарячої деформації (тобто на різних ділянках діаграми ($\sigma - u$) для температурно - швидкісних інтервалів, що відповідають реалізації різних механізмів знеміцнення на сталій стадії деформації, протікають в наступній послідовності.

При знеміцненні по типу динамічної полігонізації (Рис. 1.9, а) зі збільшенням ступеня деформації вихідне зерно стає більш аніотропним - збільшується коефіцієнт площинний орієнтації (рис. 1.9, а). Уже при $\varepsilon = 0,16$

полігонізовано 50% обсягу, щільність вільних дислокацій близько $5 \cdot 10^9 \text{ см}^{-2}$. Більше половини цього обсягу займають рівноосні субзерна інший обсяг на 30% складається з ділянок з несформованою субзеренною структурою і на 20% з ділянок зі структурою гарячого наклепу, зі збільшенням ступеня деформації зростає загальна частка полігонізованих обсягів, а також частка рівноосних субзерен. Формування регулярної полігонізованої структури з рівноосних субзернами у всьому обсязі відстає від встановлення постійної напруги (Рис. 1.9, а). Після деформації зі ступенем $\varepsilon = 0,6$, що відповідає досягненню стадії усталеного напруги, полігонізована структура займає близько 90% обсягу; при цьому тільки 55% зайнято рівноосних субзернами. Щільність вільних дислокацій становить близько $5 \cdot 10^9 \text{ см}^{-2}$.

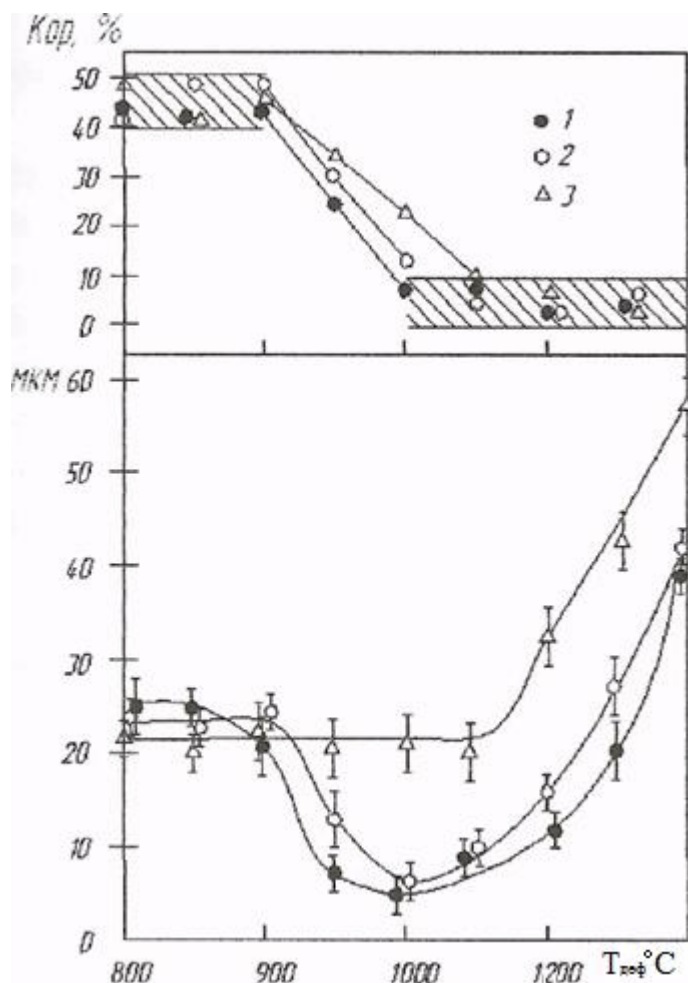


Рисунок 1.8 - Зміна середнього розміру зерна d і коефіцієнта площинний орієнтації ($K_{\text{ор}}$) зерен аустеніту сталі типу 08X18H10T при гарячій деформації осадкою ($\varepsilon \approx 0,7$): швидкість деформації $\dot{\varepsilon}, \text{с}^{-1}$: 1 - 5; 2 - 0,5; 3 - 10^{-3}

Розмір як рівноосних, так і витягнутих субзерен зі збільшенням ступеня гарячої деформації на висхідній частині діаграми зменшується, досягаючи постійного значення при переході до сталого стадії (рис. 1.9, а).

У разі знеміцнення за механізмом динамічної рекристалізації (Рис. 1.9,б) рівноосних зерна спостерігали аж до ступенів деформації $\varepsilon = 0,7$. Судити про кінетиці динамічної рекристалізації важко через сумірності вихідних і рекристалізованих зерен. Невелике зменшення середнього розміру зерна зі збільшенням ступеня деформації на сталій стадії, мабуть, свідчить про поступове проходження динамічної рекристалізації, тобто про запізненні встановлення структури динамічної рекристалізації в усьому обсязі в порівнянні з досягненням встановленого напруги. Як уже зазначалося, всередині багатьох динамічної рекристалізованих зерен спостерігали полігонізованої субструктури. Щільність вільних дислокацій при $t_{\text{деф}}=1050^{\circ}\text{C}$ менше, ніж при $t_{\text{деф}}=850^{\circ}\text{C}$ і становить близько $5 \cdot 10^8 \text{ см}^{-2}$. Відстань між субграницями як витягнутих, так і рівноосних субзерен на сталій стадії постійно.

Рентгенівський дифракційний аналіз текстури гарячо-деформовані сталі показав, що зміни інтенсивності ліній $\{220\}$ і $\{200\}$ чутливі до ступені розвитку зміцнення і знеміцнення в ході гарячої деформації (Рис. 1.10). При температурі деформації 850°C , коли ознаки динамічної рекристалізації відсутні, зі збільшенням ступеня деформації посилюється компонента $\{220\}$, що характеризує текстуру гарячої деформації $\{110\}$ (рис. 1.10, а) [12, 13]. При $t_{\text{деф}} = 1150^{\circ}\text{C}$, коли найбільш імовірним процесом знеміцнення є динамічна рекристалізація, полюсна щільність компоненти $\{220\}$ висока тільки на початковій стадії деформації. Потім полюсна щільність цієї лінії зменшується в зв'язку з розвитком процесів динамічної рекристалізації і посилюється компонента $\{200\}$, що характеризує текстуру динамічної рекристалізації.

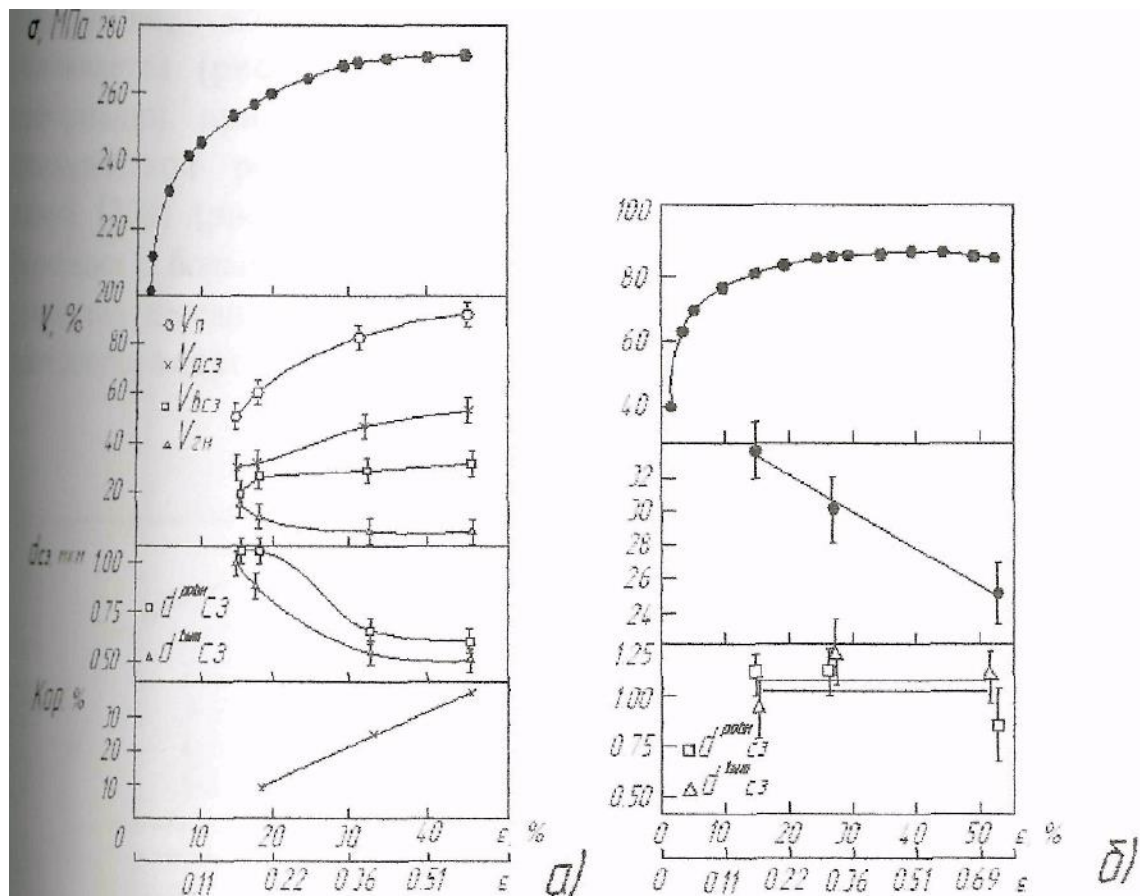
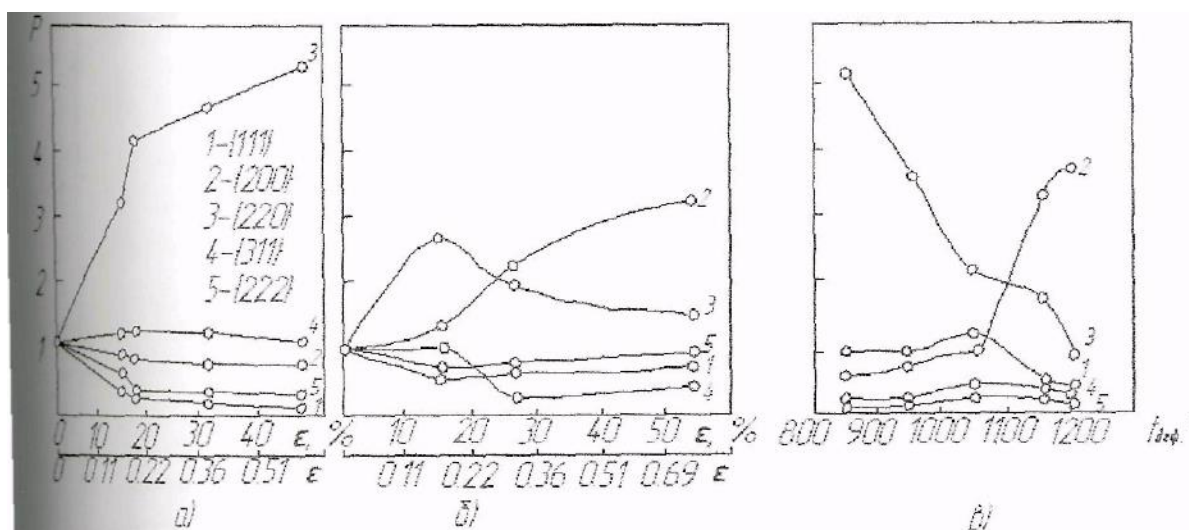


Рисунок 1.9 - Залежність напруги течії і структури сталі типу 08X18N10T від ступеня гарячої деформації осадкою:

а) В разі знеміцнення на сталій стадії деформації за механізмом динамічної полігонізації ($u = 10^{-3} \text{ c}^{-1}$, $t_{\text{деф}} = 850 \text{ }^{\circ}\text{C}$); б) в разі знеміцнення за механізмом динамічної рекристалізації ($u = 0,1 \text{ c}^{-1}$, $t_{\text{деф}} = 1150 \text{ }^{\circ}\text{C}$); V_p - частка полігонізованої структури, $V_{p.c.s}$, $V_{b.c.s}$ - частка рівносних і витягнутих субзерен, $V_{c.n}$ - частка структури гарячого наклепу, $d_{\text{рав.c.s}}$ - розмір рівносних субзерен, $d_{\text{вит.c.s}}$ - відстань між субграницями в витягнутих субзерен, d - середній розмір зерен, Kop - коефіцієнт площинний орієнтації. (Рис, 1.10, б) [12, 13]. Поступова зміна (посилення) південній щільності компоненти текстури динамічної рекристалізації $\{200\}$ при деформації на сталій стадії, мабуть також свідчить про поступове проходження динамічної рекристалізації. З підвищенням швидкості деформації від 10^{-3} до 5 c^{-1} при $t_{\text{деф}} = 850^{\circ}\text{C}$, що відповідає деформації динамічних но полігонізованої структури на сталій стадії деформації, компонента текстури

деформації $\{220\}$ посилюється (Рис. 1.11, а). Така ж зміна швидкості деформації при $t_{\text{деф}} = 1200^\circ \text{C}$ знижує гостроту текстури динамічної рекристалізації, тобто полюсну щільність ліній $\{200\}$ (рис, 1.11, б). Це пояснюється тим, що при деформації з більшою швидкістю зменшується розмір динамічних рекристалізованих зерен, які створюють конгломерат більш ізотропної будови (див. Рис. 1.8) [13].

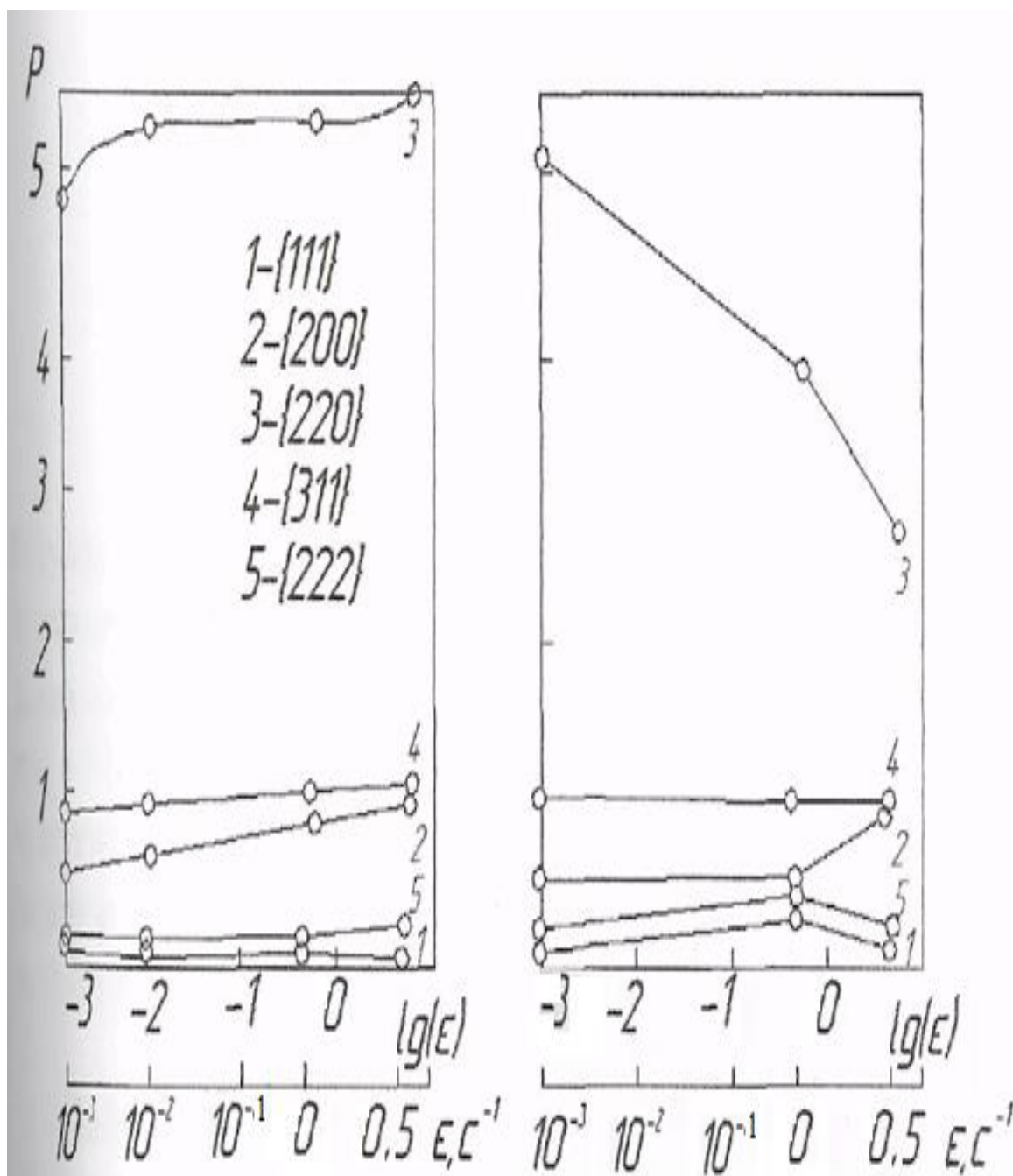


а) при $u = 10^{-2} \text{ s}^{-1}$, $t_{\text{деф}} = 850^\circ \text{C}$; б) при $u = 0,1 \text{ s}^{-1}$, $t_{\text{деф}} = 1150^\circ \text{C}$ в) при $u = 0,5 \text{ s}^{-1}$, $\epsilon = 50\%$.

Рисунок 1.10 - Залежність полюсної щільності рентгенівських ліній сталі типу 08X18H10T від ступеня і температури гарячої деформації осадкою,

Таким чином, при випробуваннях високотемпературним осаджуванням зі швидкостями від 10^{-3} до 5 s^{-1} показано, що на сталій стадії гарячої деформації аустенітної корозійностійкої сталі 08X18H10T можливе протікання двох механізмів знеміцнення: динамічної полігонізації і динамічної рекристалізації. В інтервалі температур $950-1100^\circ \text{C}$ відбувається перехід від знеміцнення за механізмом динамічної полігонізації до динамічної рекристалізації, причому температура цього переходу тим нижче, чим вище швидкість деформації. Діаграми, отримані при $t_{\text{деф}} = 800-1200^\circ \text{C}$, не мають піку; тільки при $t_{\text{деф}} = 1225^\circ \text{C}$ ($u = 10^{-3} \text{ s}^{-1}$) була отримана діаграма гарячої деформації, що має пік напруги

близько 5 МПа в області деформації 0,11-0,22 (рис. 1.12). Підвищення напруги при деформації більше $\sim 0,7$ пов'язано з тим, що при такій великій деформації велика роль контактних сил тертя між поверхнями зразка і штанг.



а) при $t_{\text{деф}} = 850 \text{ }^{\circ}\text{C}$; б) при $t_{\text{деф}} = 1200 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Рисунок 1.11 - Залежність полюсної щільності рентгенівських ліній сталі типу 08X18N10T від швидкості при гарячій деформації осадкою ($\epsilon = 50\%$):

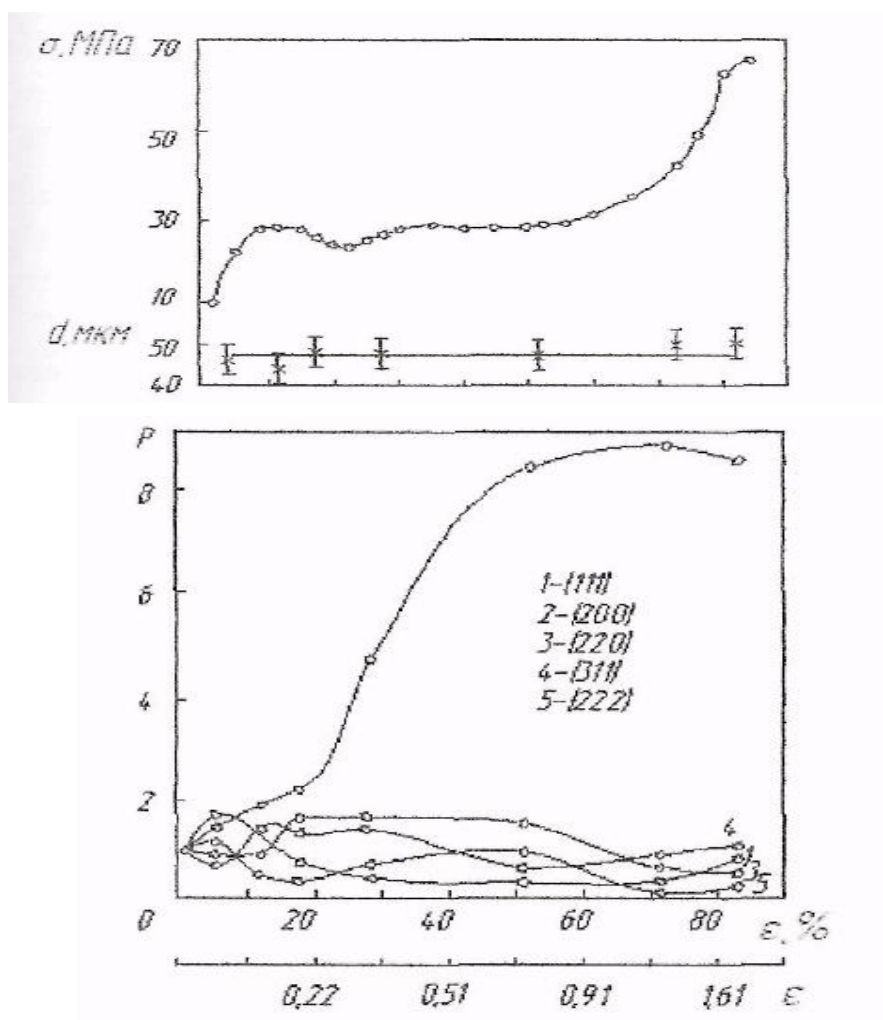


Рисунок 1.12 - Залежність напруги течії σ , розміру зерна d і полюсної щільності P рентгенівських ліній сталі типу 08X18N10T від ступеня гарячої деформації ϵ при $u = 10^{-3} \text{ c}^{-1}$, $t_{\text{деф}} = 1225^\circ \text{ C}$.

Діаграма отримана при більшій чутливості (меншою похибки) випробувальної машини в порівнянні з діаграмами на рис. 1.4 і без використання високотемпературної мастила - нітриду бору.

Таблиця 1.4 - Параметри структури сталі 08X18H10T різного складу після гарячої деформації прокаткою.

t°С	ε,с ⁴	ε,%	d, мкм	Кор,%	V _p	V _n	V _{p.сз}	Відстані між субграницями в витягнутих субзернах, мкм	Розмір рівноосних субзерен, мкм
Звичайна виплавка з 0,09% С									
1060	Гарт		32,1±4,5						
900	0,5	10	27,1±4,0	-	0	29	<5	-	-
900	0,5	20	26,5±3,8	22	0	42	<5	0,35±0,02	0,41±0,02
900	0,5	60	19Д±3,9	28	0	90	60	0,48±0,06	0,30±0,04
900	5	20	34,4±4,8	28	0	69	-	0,37±0,07	0,56±0,05
900	5	60	19,5±5,2	36	0	90	59	0,34±0,05	0,60±0,05
1050	0,5	10	32,2±5,0	-	0	29	<5	1,09±0,07	-
1050	0,5	20	30,2±3,8	27	0	56	56	0,08±0,06	0,95±0,03
1050	0,5	60	21,7±3,9	35	60-70	-	-	0,57±0,06	0,81±0,04
1050	5	20	30,8±4,1	18	-	-	-	-	-
1050	5	60	14,7±4,9	<10	90	-	-	0,36±0,02	0,44±0,01
З 0,1%С виплавлена з первородним шахти									
1060	Гарт		18,1±3,0						
900	0,5	60	23,0±4,2	26	0	90	62	0,31±0,04	0,60±0,04
900	5	60	23,2±3,8	38	0	90	54	0,31±0,04	0,54±0,03
1050	0,5	60	25,8±5,8	23	82	-	-	0,30±0,01	0,58±0,02
1050	5	60	8,6±1,3	<10	100	-	-	0,46±0,03	0,56±0,02
Звичайна виплавка з 0,05%С									
1060	Гарт		38,7±5,6						
900	0,5	60	33,6±8,3	30	0	90	61	0,27±0,04	0,56±0,03
900	5	60	32,0±6,1	36	0	90	60	0,30±0,03	0,60±0,02
1050	0,5	60	25,5±5,2	25	76	-	-	-	-
1050	5	60	8,0±2,3	<10	100	-	-	-	-
З 0,05%С виплавлена з первородним шахти									
1060	Гарт		13,0±3,2						
900	0,5	60	25,5±5,2	20	0	90	-	0,32±0,04	0,51±0,05
900	5	60	28,6±3,8	24	<5	90	-	0,29±0,02	0,57±0,06
1050	0,5	60	18,7±4,2	<10	95	-	-	0,50±0,03	0,60±0,07
1050	5	60	9,7±2,0	<10	100	-	-	-	-

V_n - Частка полігонізованих обсягів

V_{p.сз} - Частка рівноосних субзерен

При $t_{\text{деф}} = 1225 \text{ }^{\circ}\text{C}$ і $u = 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ розмір вихідного зерна приблизно дорівнює розміру динамічно-рекристалізованого зерна, що зумовлює сталість середнього розміру зерна в ході деформації (Рис. 1.12). Це не дозволяє судити про кінетиці динамічної рекристалізації. Гаряче осаджування по схемі деформації найближче до прокатці, яка широко використовується в промислових циклах ВТМО аустенітних корозійностійких сталей. Тому встановлена закономірність зміни механізмів знеміцнення при гарячій деформації осадкою повинна бути характерною для процесів гарячої прокатки.

Дійсно, в процесі прокатки при температурі $t_{\text{деф}} = 900 \text{ }^{\circ}\text{C}$ і швидкостях деформації $0,5$ і 5 с^{-1} (аж до ступеня деформації $\varepsilon = 0,92$) динамічна рекристалізація не проходить. Зі збільшенням ступеня або швидкості деформації зерна стають більш витягнутими (табл. 1.4, Рис 1.13, а).

При $t_{\text{деф}} = 1050 \text{ }^{\circ}\text{C}$ і Рисих ступенях деформації зерна також витягуються. Перші рекристалізовані зерна проявляються при ступеня деформації $\varepsilon \approx 0,22$. В результаті деформації при $t_{\text{деф}} = 1050 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varepsilon = 0,92$ і $u = 0,5 \text{ с}^{-1}$ частка дрібних рекристалізованих зерен в структурі становить близько 60 -70%. При швидкості деформації 5 с^{-1} ($t_{\text{деф}} = 1050 \text{ }^{\circ}\text{C}$) рекристалізовані зерна розміром близько 8-10 мкм займають практично весь обсяг - понад 90% (рис. 1.13, б). Електронно-мікроскопічне дослідження показало, що при $t_{\text{деф}} = 900^{\circ}\text{C}$ спостерігаються невеликі ділянки з субструктурою гарячого наклепу (Рис. 1.13, г), що характеризується високою щільністю вільних дислокацій, наявністю скупчень дислокацій і комірковою субструктури. У всьому обсязі переважає полігонізована структура як з витягнутими (Рис. 1.13, в), так і з рівносних (Рис. 1.13, д) субзернами, що мають недосконалі субграніці і підвищену щільність вільних дислокацій. Зі збільшенням ступеня деформації зростає частка полігонізованих обсягів, а всередині них - частка рівносних субзерен (табл. 1.4). При $t_{\text{деф}} = 900 \text{ }^{\circ}\text{C}$ і $u = 0,5 \text{ с}^{-1}$ частка полігонізованих ділянок зростає від 20 ($\varepsilon = 0,11$) до 40% ($\varepsilon = 0,22$) в основному в результаті освіти витягнутих субзерен. При досягненні ступеня деформації 0,92 полігонізовані ділянки займають приблизно 90%

загального обсягу, причому 60% з них становлять рівносні субзерна низьку щільність вільних дислокацій, що свідчить, мабуть, про статичної природі їх освіти.

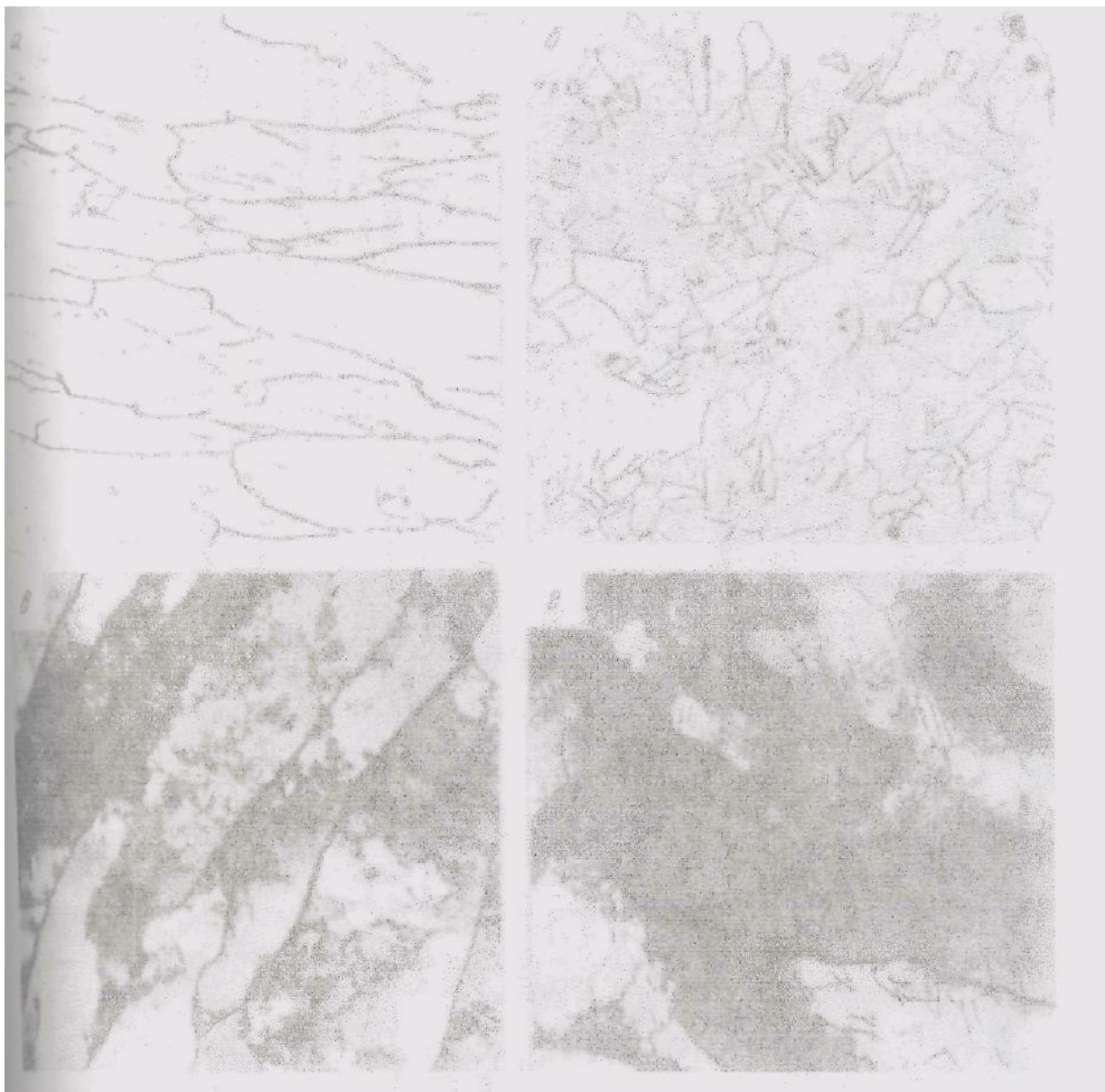


Рисунок 1.13 - Структура сталі типу 08X18N10T після гарячої деформації прокаткою

Структура, утворена при $t_{\text{деф}} = 1050 \text{ }^{\circ}\text{C}$ і малих (до 20%) ступенях деформації, характеризується меншою щільністю вільних дислокацій, меншою часткою ділянок гарячого наклепу (Рис. 1.13, е) і трохи більшим

розміром субзерен з більш досконалими субграницями в порівнянні з хімічно полігонізованою субструктурою при $t_{\text{деф}} = 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ (табл. 1.4). Зі збільшенням ступеня деформації до $0.92\ t_{\text{деф}} = 1050\text{ }^{\circ}\text{C}$) розвиваються процеси динамічної рекристалізації: в рівноосних динамічно рекристалізованих зернах виявлено набір субструктур від субструктури гарячого наклепу до субструктури полігонізації (Рис. 1.13, ж), що доводить динамічну природу їх утворення в ході гарячої деформації.

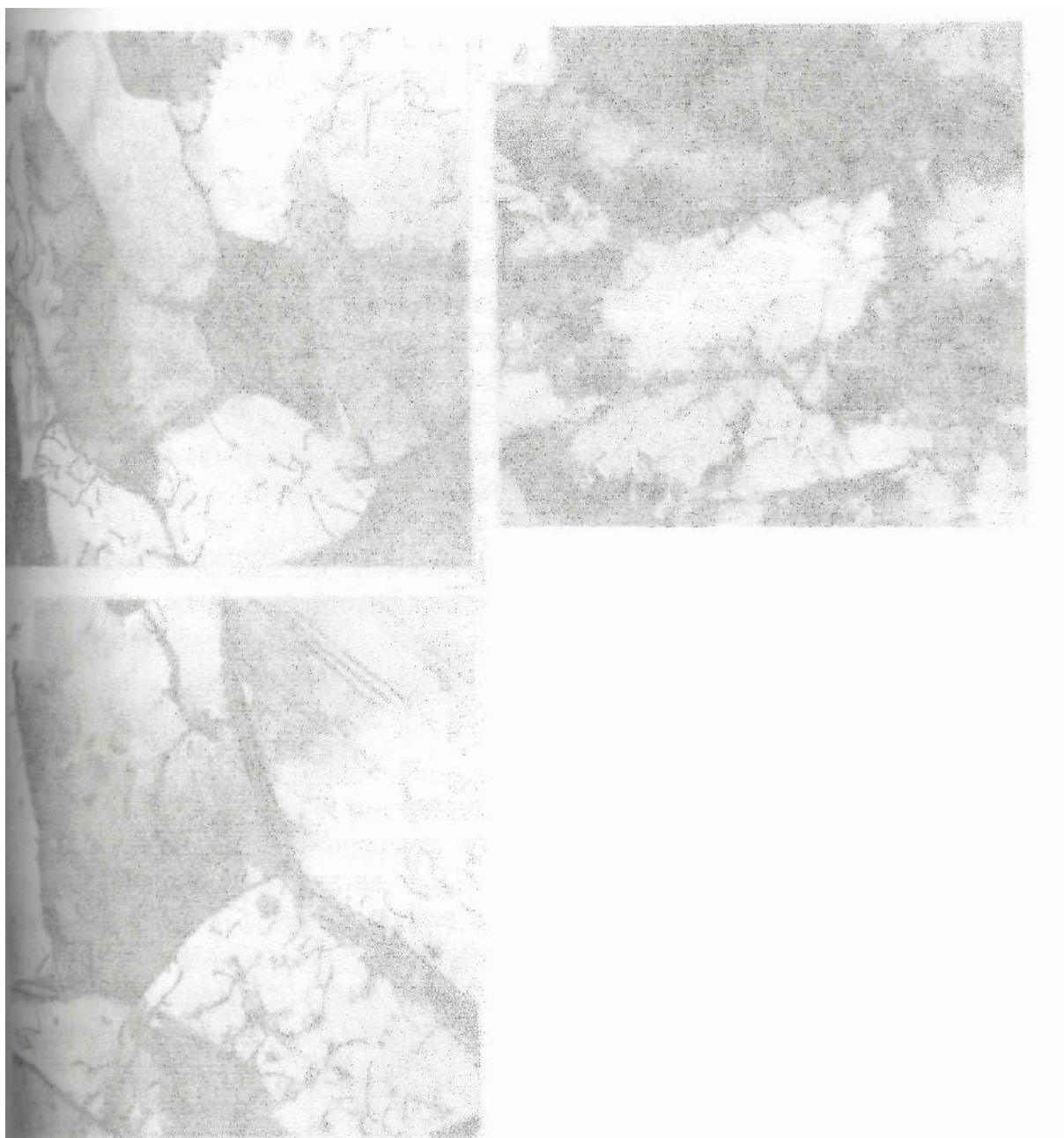


Рисунок 1.13 - Структура сталі типу 08X18N10T після гарячої деформації прокаткою (продовження)

Зміна текстури в ході гарячої деформації прокаткою а при стисненні ідентичні (див. Рис. 1.10, 1.14). В умовах забезпечують формування динамічно полігонізованої структури (при $t_{\text{деф}} = 900^\circ\text{C}$) зі збільшенням ступеня деформації посилюється текстура деформації - зростає компонента $\{220\}$ (Рис. 1.14, а). Розвиток процесів динамічної рекристалізації при збільшенні ступеня деформації ($t_{\text{деф}} = 1050^\circ\text{C}$) супроводжується посиленням полюсної щільності компоненти $\{200\}$, що характеризує текстуру рекристалізації, і ослабленням компоненти текстури деформації $\{220\}$ (Рис. 1.14, б). На відміну від високотемпературного стиснення, формування динамічно полігонізованої і динамічно рекристалізованої структури під час гарячої прокатки супроводжується меншим зміною відповідних компонент текстури. Це пов'язано, мабуть, з частковим проходженням статичної рекристалізації при більш повільному полюсна щільність компоненти $\{311\}$ охолодженні після прокатки, про що свідчить підвищена [13].

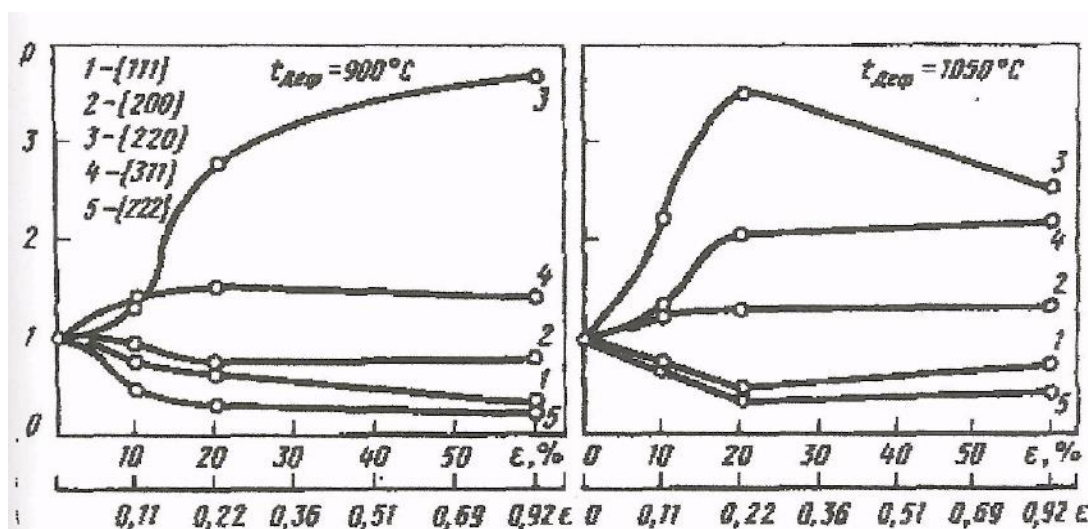


Рисунок 1.14- Зміна полюсної щільності P сталі типу 08X18N10T в процесі гарячої деформації прокаткою $v = 5 \text{ c}^{-1}$

Таким чином, і в умовах гарячої деформації прокаткою при $t_{\text{деф}} = 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ з $u = 0,5$ і 5 с^{-1} знеміцнення проходить практично тільки за механізмом динамічної полігонізації, а при $t_{\text{деф}} = 1050\text{ }^{\circ}\text{C}$ і великих ступенях деформації отримують розвиток процеси динамічної рекристалізації. З карти структурних станів, побудованої для умов гарячої деформації прокаткою (рис. 1.15), видно, що внаслідок неізотермічних умов (остуджування в валках) температура початку динамічної рекристалізації сталі 08Х18Н10Т з однаковим розміром вихідного зерна (близько 30 мкм) завищена в порівнянні з ізотермічним осаджуванням, причому більшою мірою при зменшенні швидкості прокатки (наприклад, $t = 975\text{ }^{\circ}\text{C}$ проти $930\text{ }^{\circ}\text{C}$ при $u = 5\text{ с}^{-1}$ і $t = 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ проти $940\text{ }^{\circ}\text{C}$ при $u = 5\text{ с}^{-1}$). Температура, відповідна формуванню в сталі повністю динамічно рекристалізованої структури, при прокатці підвищилася до $1060\text{ }^{\circ}\text{C}$ (проти $1010\text{ }^{\circ}\text{C}$ при стисканні) при $u = 5\text{ с}^{-1}$ і приблизно до $1125\text{ }^{\circ}\text{C}$ (проти $1030\text{ }^{\circ}\text{C}$) при $u = 0,5\text{ с}^{-1}$. Температурний інтервал переходу до повністю динамічно рекристалізованої структури становить близько 85 і $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ для швидкостей прокатки $0,5$ і 5 с^{-1} , відповідно.

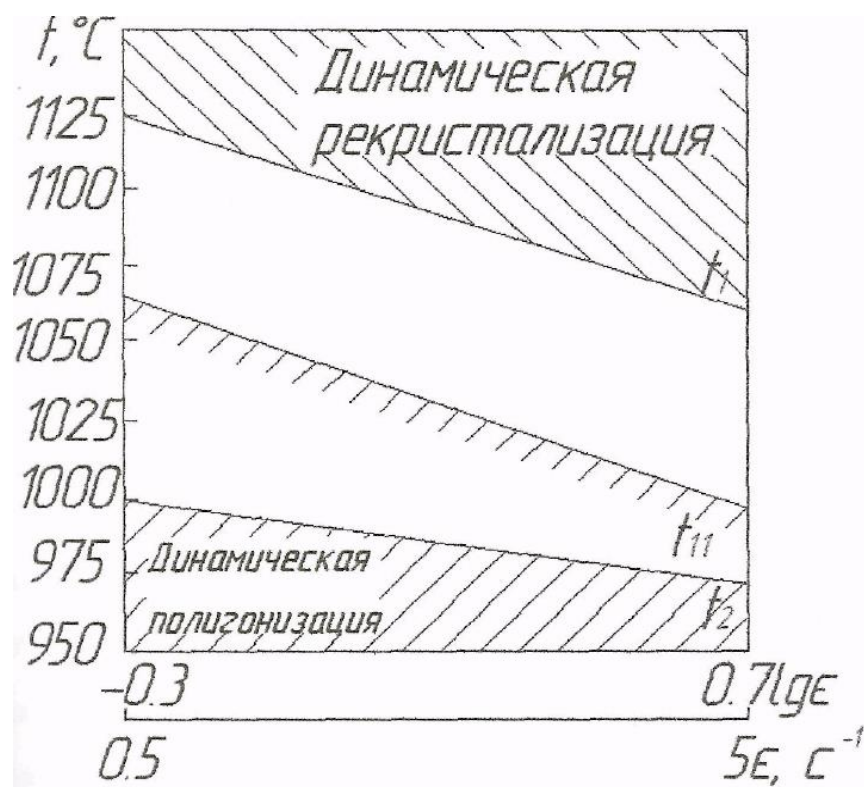


Рисунок 1.15 - Карта структурних станів при гарячій деформації прокаткою сталі типу 08Х18Н10Т ($\epsilon = 0,7$):

Де температура початку динамічної рекристалізації при $d_{сх}=33,0 \pm 5,7$ мкм; t_{l1} - теж при $d_{НСХ}=110 \pm 9,8$ мкм; t_l - температура кінця динамічної рекристалізації при $d_{НСХ}=33,0 \pm 5 > 7$ мкм.

Збільшення розміру вихідного зерна в сталі ускладнює динамічну рекристалізацію. Температура початку рекристалізації (t_{l1}) при прокатці сталі 08X18N10T при збільшенні розміру початкового зерна від 33 до 110 мкм підвищилася приблизно на 30°C при $u = 5 \text{ с}^{-1}$ і на 60°C при $u = 5 \text{ с}^{-1}$. Повністю динамічно рекристалізованої структури в результаті прокатки такий крупно зернистої сталі при температурах деформації аж до 1200°C отримати не вдалося (Рис. 1.15).

Таким чином, температура, відповідна формуванню повністю динамічно рекристалізованої структури під час гарячої прокатки (як і в разі високотемпературного стиснення) залежить від швидкості деформації. Температурний інтервал, відповідний отримання змішаної структури (по карті структурних станів), більше при меншій швидкості деформації.

Подоба схем деформації, аналогічні закономірності зміни зерен і субзернової структури в ході гарячої деформації, однакові значення структурних параметрів при деформації осадкою і прокаткою дозволяють зробити висновок про можливість моделювання гарячої прокатки гарячої осадкою і використання діаграм високотемпературного стиснення для призначення режимів гарячої прокатки.

1.3 Проблеми прокатуваності нержавіючих сталей

1.3.1 Прокатка нержавіючих кислотостійких сталей

Аустенітні нержавіючі сталі з надлишковою фазою можна кувати і прокатувати, отримуючи в результаті якісну продукцію. Прокат блюмів сталі X18N9T і близьких до неї за складом проводиться на блюмінгах для сталей інших марок. Разом з тим бувають випадки коли якість продукції виходить незадовільним. Іноді, можна спостерігати

повне або часткове руйнування продукції. Характер руйнування різний. На Рисюнку 1.16 а показана заготовка з глибокими рванина. Дуже часто рванини виходили тільки по ребрах (див. Рис. 1.16 б). Причиною утворення рванина подібного типу, як було встановлено, було незадовільна якість злитків. [14]

На Рисунку 1,17 показані злами шайб відрізаних від заготівлі 140x140мм, прокатої з круглих злитків сталі X18H10T масою 760кг. Все злами виходили з бульбашками. При прокатці такого металу виходили грубі рванини.

На Рисунку 1.18 показані злами шайб цієї ж сталі з іншим розташуванням газових бульбашок. Прокатка злитків з подібними дефектами також призводить до утворення рванина.



Рисунок 1.16 - Заготовки нержавіючої сталі X18H9T: а) -с глибокими рванинами;
б) - з рванинами по ребрах;

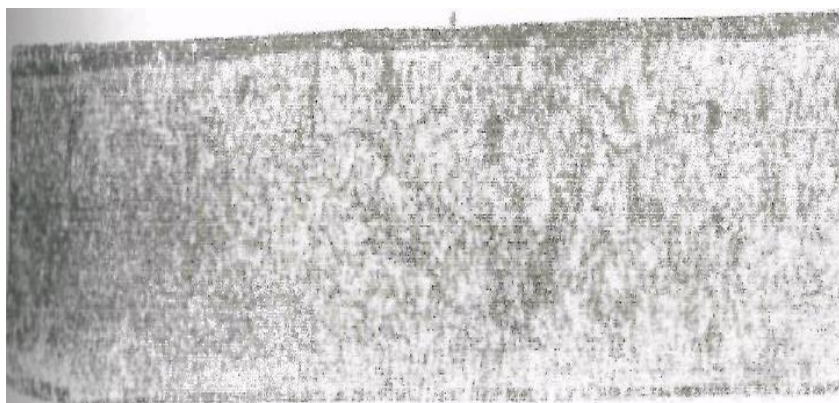


Рисунок 1.17 - Злами шайб від заготовок сталі Х18Н9Т з глибокими рванина. Темні плями - газові бульбашки.

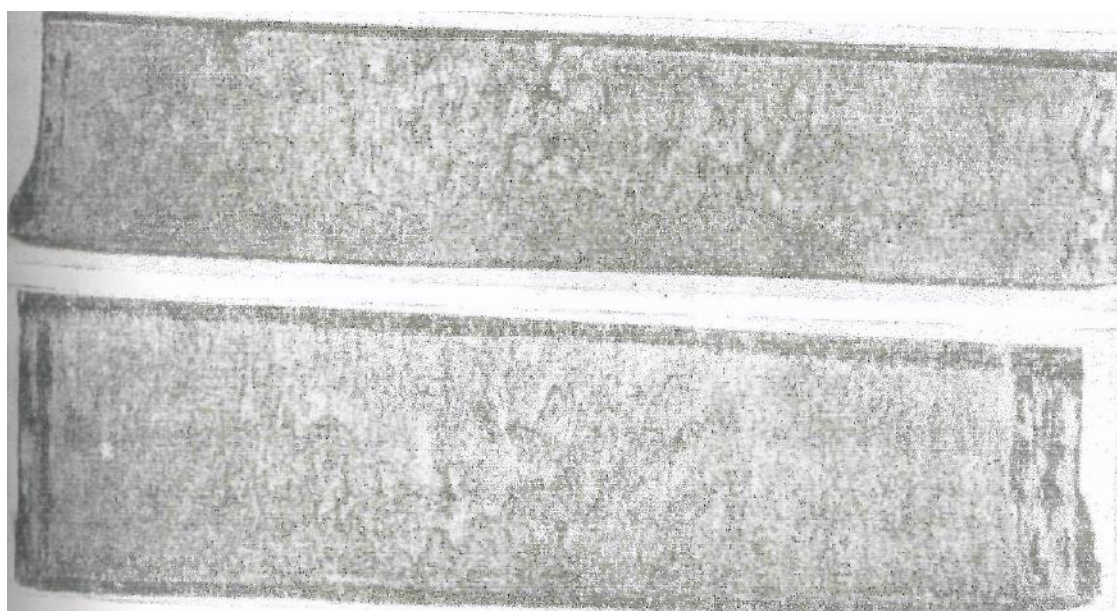


Рисунок 1.18 - Злами шайб від заготовок з поверхневими рванина. «Підшкірні» бульбашки.

Великий вплив на якість заготовок має також стан поверхні злитків нержавіючих сталей, зазвичай дуже поганий через те, що присутність в сталі титану робить її при розливанні дуже густий.

Пластичність хромонікелевих нержавіючих сталей, в більшій мірі залежить від їх структурного стану, що визначається хімічним складом сталей і температурного режиму нагріву перед деформацією.

На п'яти металургійних заводах ВПО «Союзспецсталь» проаналізували якість трубної заготовки для безшовних труб. Досліджували причини відсортювання трубної заготовки з тих марок сталей, які Риси відсортювання вище середньої на заводі. З них 10% з корозійностійких сталей від загального обсягу трубної заготовки. Основна причина отсоортіровки незадовільна якість поверхні. [15]

Відсортювання трубної заготовки великого діаметра з котелень сталей по макроструктуру відбувається через застосування недостатньо великого злитка, сумарна деформація якого при прокатці кола діаметром 270 мм виявляється лише п'ятикратної. При несприятливих умовах така витяжка недостатня для отримання необхідної макроструктури.

Трубна заготовка великих діаметрів, прокочується на великих станах, що характеризуються Рисою жорсткістю клітей, іноді має підвищену овальність. При обдиранні на тонізувальних верстатах із закритою робочою зоною, така щільність в поєднанні з дефектами поверхні яка призводить до частих поломок різців що є причиною появи додаткових дефектів.

1.3.2 Дефекти що утворюються з причин, безпосередньо від формації не залежних

В окремих випадках всередині зони квадрата, по обидві її сторони, є тріщини, розташовані перпендикулярно осі валків. Подібні тріщини в сталі ШХ15, 1Х18Н9Т (рис. 1.19), ЕІ481, Х28 та інших. Вони є результатом високого перегріву АНТК перед прокаткою і утворюються при прокатці вже в перших проходах.

У сталі 1X18H9T вони мають місце тільки в підприбуткових штангах; в сталі ШХ15 ці дефекти нерідко поширюються по всій довжині блюмів, що відповідає всій висоті злитків. Подібні дефекти виявляються в окремих випадках при різанні на ножицях з вигляду поперечного перерізу (рис. 1.20).

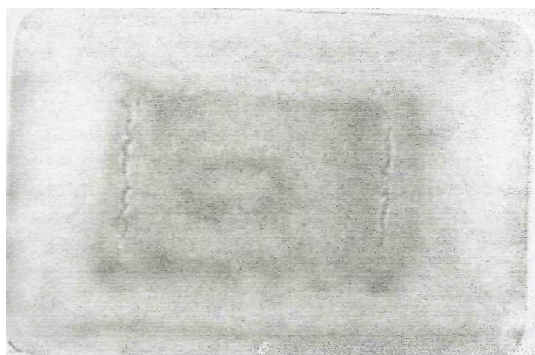


Рисунок 1.19 - Тріщини на кордоні квадрата в поперечній макроструктурі сталей

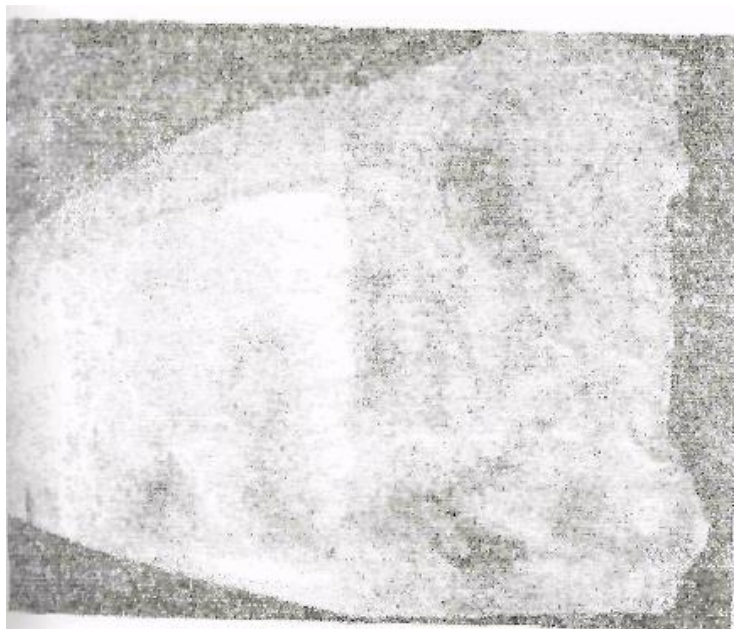


Рисунок 1.20 - Вид торця блюма після розрізання на ножицях. Видно порушення суцільності по обидва боки блюма

Виявляються ці дефекти і при прокатці в перших же проходах. Це видно по тому, як витріщає бічні сторони прокатоного злитка.

Досвід показує, що такі тріщини орієнтовані паралельно тільки обидва боки блюма, що відповідає роз'єму калібрів. Так як плющення проводиться в непарне число проходів, то при будь-якій кількості кантовок це вказує на те, що тріщини утворилися з боку вільних граней при прокатці в 1 калібрі, під час перших проходів.

При кристалізації злитків [16] відбувається значна дендритна ізоляція і особливо інтенсивно в осьовій зоні, Дендритна неоднорідність може бути такою, що окремі ділянки осьової зони матимуть ледебуритного концентрацію (наприклад, в сталях з 1,0% С). При нагріванні злитків або заготовки з різко виражених дендритних неоднорідностей до певної, досить високої температури окремі ділянки металу, в першу чергу в осьовій зоні, будуть плавитися і переходити в рідкий або напіврідкий стан. При прокатці такого металу буде відбуватися порушення суцільності. Ступінь порушення цілісності буде збільшуватися і поширюватися на все більшу довжину в міру збільшення перегріву злитків і заготовки.

Подібне описаному порушення суцільності може відбуватися і на ділянках, де відбувалася зональна ізоляція, наприклад, близько кордонів ліквацийного квадрата, в місцях стику дендритів і осьових різно орієнтованих кристалів. Такий вид порушення цілісності І. Н. Голиков назвав осьовим перепалом. Нам видається, що більш правильним було б це явище розглядати як високий перегрів. На користь цього говорить та обставина, що при прокатці шари металу, які розташовані паралельно утворює валків, і піддаються прямому стиску, остигають і заварюються. При подальшій в прокатці в цих ділянках порушення цілісності також не відбувається незважаючи на те, що вони через свій фізичний стан нічим не відрізнялися від ділянок, розташованих паралельно двом іншим сторонам злитків, з боку яких, як детально описано вище, при високому перегрів осьової тріщини. Це вказує на те, що окислення по межах зерен для перепаленої сталі, не відбулося.

Разом з тим метал у паралельних тріщин, як правило, не заварюється навіть після кантування. Це, мабуть, пояснюється тим, що після порушення цілісності до кордонів зерен вільно проникає кисень, який їх окисляє. Ступінь розкриття паралельних тріщин визначається останнім проходом. Чим більше обтиснення в кого проходить і більше простору для розширення, тим більше розкритими виходять ці тріщини.

При прокатці злитків хромонікельмолібденових сталей (3,5% Ni, 0,5% Cr, 0,7% Mo, 0,35% C) вагою 3,3 т. І січнем 570x570 мм на круглий профіль діаметром 375 мм в штангах виявили внутрішні розриви.

В круглих штангах діаметром 193 мм, прокатаних з тих же злитків, внутрішні розриви були відсутні.

При дослідженні якості злитків виявилось, що в центральній частині їх, за винятком ділянок довжиною 300 мм від верхнього і нижнього кінців, були поперечні тріщини протяжністю до 25 мм у верхній частині і до 50 мм в нижній частині злитків. Тріщини Риси звивисту форму, відповідну кордонів між дендритами. Досліди показали, що основною причиною появи розривів в прокатати металі була наявність тріщин в осьовій мені злитків.

При сумарною витяжці близько 2,5 розриви виходили найбільшими, і в окремих випадках наступало повне руйнування рій зони (рис. 1.21).



Рисунок 1.21 - Повне руйнування осьової зони (поздовжнєперетин круглої сталі діаметром 375 мм)

При 4-кратної витяжці дрібні внутрішні розриви повністю заварюють; при 10-кратної витяжці повністю знищувалися всі внутрішні дефекти, в тому числі і

порівняно великі. Ця обставина вказувало на те, що стінки внутрішніх тріщин не були окисленими.

Великий інтерес представляють дефекти всередині перетину, показані на рис. 1.22. Можливість утворення таких дефектів встановлена Б. М. Литвиновим [17] при вивченні умов зварюваності флокенів в металі при прокатці. Такі дефекти являють собою розкриті в процесі деформації поперечні флокени, що не заварилася через Рису величину сумарного обтиску.



Рисунок 1.22 - Дефекти в металі, що представляють собою розкриті в процесі деформації поперечні флокени.

1.3.3 Прокатуваність і структура нержавіючих сталей

У аустеніто-феритних нержавіючих сталях з підвищенням температури нагріву перед деформацією збільшується кількість феритної фази. При цьому пластичність аустеніто-феритних сталей не збільшується, а знижується.

Пояснюється це тим, що зі збільшенням кількості феритної фази аустеніто-феритної сталь стає все більш двухфазною і, отже, менш пластичною. Окремими дослідниками [19] встановлено більш складне вплив температури нагріву на кількість α -фази в аустеніто-феритних сталях. Так, в сталі X18H9T при нагріванні в інтервалі 1100- 1200 ° С вміст α -фази дещо зменшується, а при температурах вище 1200 ° С починає збільшуватися і особливо різко при температурах вище 1250 ° С.

Таким чином, аустеніто-ферритні сталі деформують при порівняно більш низьких температурах (1100-1150 ° С). При температурах нижче 950 ° С і досить тривалих витримках можливо ще освіту третьої фази - α -фази, яка існує всередині феритних острівців. Наявність α -фази істотно знижує пластичність, в зв'язку з чим температуру кінця деформації аустеніто-феритних сталей не рекомендується знижувати нижче 950-925 ° С.

Такі поширені нержавіючі сталі, як Х18Н9Т і інші, за структурою є аустенітними, але можуть мати надлишкову α -фазу. Зміст α -фази в нержавіючої аустенітної сталі оцінюють за спеціально розробленою шкалою (рис. 1.23). Бали розрізняють за кількісним вмістом α -фази в мікроструктурі:

Бали	0,5	1	2	3	4	5
Кількість α - фаз, %	До 5	5-12	12-20	20-35	Більше 35	

Кількісний вміст α -фази в сталі залежить від різних факторів. Визначальним з них є хімічний склад сталі. При одному і тому ж вмісті нікелю бал по α -фазі збільшується з підвищенням вмісту в сталі хрому. При одному і тому ж вмісті хрому бал по α -фазі тим менше, чим більше вміст нікелю в сталі.

Виробничим досвідом встановлено, що найбільш сприятливе співвідношення α -фази в нержавіючої хромонікелевої сталі є при відносно вмісту хрому до вмісту нікелю в сталі не більше 1,8. Кількість α -фази в нержавіючих сталях залежить також і від інших феритотворюючих елементів (Ti, Si, Al).

Зміст α -фази в нержавіючої литої сталі залежить від температурного режиму нагріву металу перед його деформацією. Встановлено, що при нагріванні до досить високих температур і відповідних витягах при них відбувається виділення

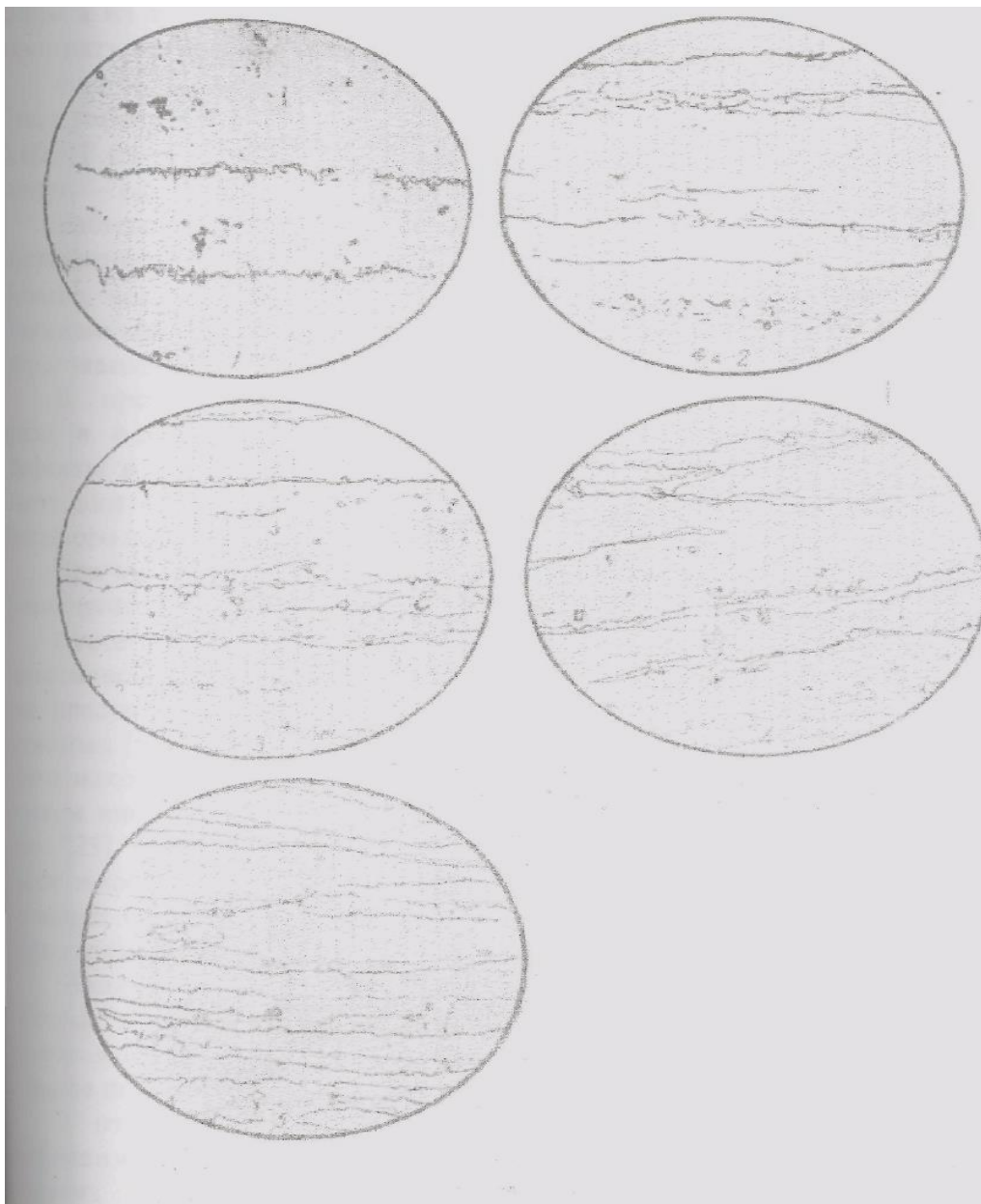


Рисунок 1.23 – Оцінка кількості зміст α -фази в структурі нержавіючих сталей по балам фериту з твердого розчину аустеніту і тим більше, чим вище температура нагріву[20, 21].

Розподіл α -фази по перерізу металу нерівномірне. Так, в роботі встановлено, що в злитку масою 6000 кг сталі XI8H9T на поверхні кількість α -фази становило 8%, а в центрі - близько 16%[19].

Надлишкова фаза у вигляді вільного фериту в нержавіючих аустенітних сталях знижує пластичні властивості сталі тим більше, чим вище бал по α -фазі. Деформація такої сталі зі зниженими пластичними властивостями призводить до

утворення рванина і полон на поверхні металу. У виробничих умовах вперше вплив надлишкової фази в нержавіючої сталі виявили при прошивці труб.

Дефекти у вигляді полон, що утворилися на поверхні прошитої заготовки зі сталі Х18Н9Т (рис. 1.24), утворилися внаслідок великого вмісту в ній фериту.

Причина зниження пластичних властивостей сталі зі збільшенням в ній вмісту фериту в наступному.

Аустеніт і ферит окремо володіють високими пластичними властивостями, а разом вони володіють пониженими пластичними властивостями, що підтверджується досвідченими даними (табл. 1.5) [22]. Пояснюється це тим, що, оскільки обидві фази знаходяться в одному полікристалічному тілі, то під дією зовнішніх сил вони отримують однакову загальну деформацію [23]. При цьому в кожній структурної складової з'являються високі залишкові напруги, так як кожна з них має кількісно різними властивостями, такими як опір деформації, розширення і т. д.

З огляду на внутрішнього вирівнювання розмірів ферритного зерна, які при деформації прагнуть до більшої витяжці, будуть розтягувати аустенітні зерна, а аустенітні зерна, які чаші деформуються, будуть зменшувати деформацію фериту.

У підсумку всередині тіла виникають локальні залишкові напруги. При несприятливих температурно-швидкісних умовах ці залишкові напруги можуть привести до місцевих зривів. Цьому сприяють також наступні обставини. В процесі деформації, як відомо, протікають два процеси: наклеп і рекристалізація, Ферит і аустеніт наклепуються і рекристалізуються по-різному;

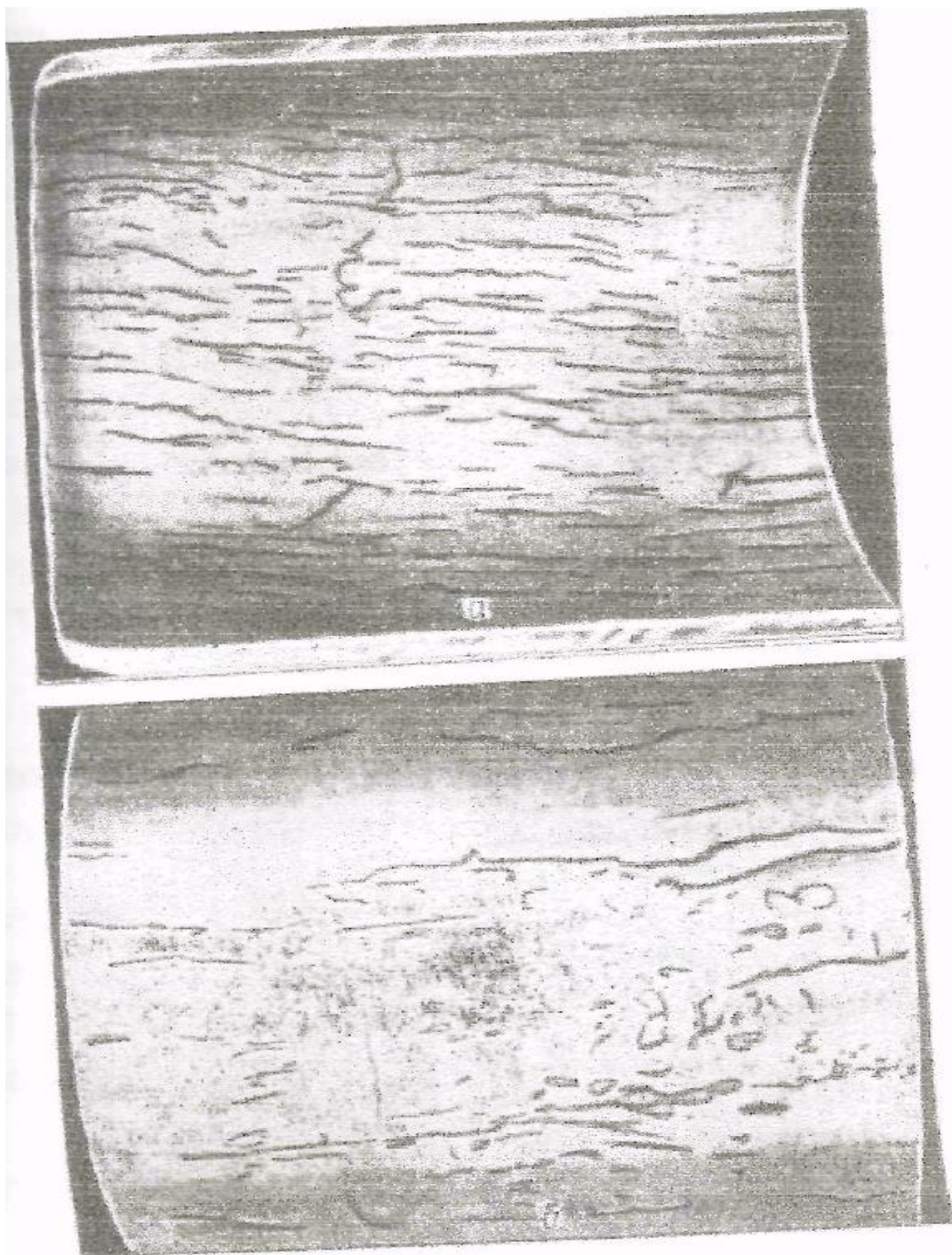


Рисунок 1,24 - полоні на внутрішній (а) і зовнішньої (б) поверхнях гільзи прошитої з заготовки сталі Х18Н9Т з великою кількістю надлишкового фериту.

Таблиця 1.5 - Результати механічних випробувань сталі X18H9T

Структура	Температура, °C	Механічні властивості	
		$\delta, \%$	$\psi, \%$
Однофазна	1280	60	81
Двухфазна	1280	49	65
Однофазна	1250	65	78
Двухфазна	1250	49	69
Однофазна	1200	62	71
Двухфазна	1200	30	57

Швидкість кристалізації фериту вище, ніж аустеніту, тому в кожен даний момент, коли у феритної складової наклеп, викликаний деформацією, буде знято, аустеніт буде в якійсь мірі ще наклепаного. Деформація аустеніту в порівнянні з ферритом буде утруднена. При зростанні залишкових напружень можливе порушення суцільності металу.

Виходячи з цього, відносно низькою пластичністю будуть обдати сталі, у яких вміст кожної фази приблизно дорівнює 50%. З зменшенням надлишкової фази пластичність сталі повинна зростати, оскільки внутрішня напруженість металу при деформації зменшується. Це підтверджується і виробничим досвідом [18].

1.3.4 Аналіз технологічних параметрів нержавіючих сталей

1.3.4.1 Опір деформації

Опір деформації хромонікелевої сталі X18H9T в порівнянних умовах перевищує опір деформації сталі Ст. 1 в 1,6 рази [14]. Опір деформації сталі X18H9T визначали при прокатці на блюмінгу за двома режимами. В одному випадку злитки нагрівали до 1200 °C і блюми 170x170 прокатували з злитків

масою 2600 кг за 21 прохід, а в іншому злитки нагрівали до більш високої температури (1250 °C) і блюми прокочували за 17 проходів (табл. 1.6).

Питомі тиску в першому випадку змінювалися в межах 96-127 МН/м², а в іншому – в межах 70-97 МН/м².

Таблиця 1.6 - Опір деформації хромонікелевої нержавіючої сталі Х18Н9Т при прокатці блюмів 170х170 з злитків 520х520 мм на блюмінгів.

№	Робочий	Розмір;мм		Обтиснення	Тиск		Температура
		висота	ширина		Рх10 КН(Т)	Рх10 МН/м ²	
Температура початку прокатки 1150 ⁰ С							
1	880	471	520	49	653	9,8	1150
2	880	442	520	29	593	10,1	1140
3	880	471	441	49	682	10,4	1130
4	880	440	446	31	562	11,1	1120
5	880	404	447	36	604	10,7	1110
6	880	373	452	31	582	10,9	1100
7	880	341	457	32	573	10,6	1095
8	880	309	462	32	587	10,7	1090
9	835	431	312	31	446	12,7	1085
10	835	392	319	39	490	11,8	1080
11	835	350	326	42	497	11,6	1075
12	835	313	333	37	449	11,1	1070
13	880	276	326	57	546	10,0	1065
14	880	223	342	53	535	11,0	1060
15	855	274	237	68	407	11,0	1055
16	855	222	248	52	365	10,0	1050
17	855	219	230	29	250	9,6	1045
18	855	171	243	48	343	10,3	1040
19	860	194	183	52	256	10,0	1035
20	860	165	190	26	226	11,3	1030
21	855	172	170	18	174	12,1	1025
Температура початку прокатки 1200 ⁰ С							
1	880	460	520	60	587	7,0	1200
2	880	421	520	39	529	7,6	1180
3	880	457	425	63	602	8,5	1170
4	880	405	430	52	531	8,3	1160
5	880	363	435	42	460	7,8	1155
6	880	315	440	48	528	8,3	1150
7	835	394	323	46	418	9,7	1145
8	835	317	338	77	482	8,2	1140
9	880	280	332	58	409	8,2	1135

Продовження

10	880	219	348	61	437	8,1	1125
11	855	274	234	74	328	8,1	1120
12	855	225	244	49	298	8,6	1115
13	855	215	232	29	193	7,8	1110
14	855	167	242	48	314	9,2	1105
15	860	191	180	51	201	7,8	1100
16	860	167	186	24	172	9,1	1095
17	860	173	173	13	121	9,7	1000

1.3.4.2 Уширення

Зразки клиноподібної форми проковували в гладких валках при температурах 900, 1000, 1100 і 1150 °С. Нагрівання зразків виробляли в камерній печі, опалювальній мазутом. Для зменшення окислення і зневуглицювання зразки поміщали в залізні закриті муфелі. Прокатку виробляли в стані дуо з діаметром валків 400 мм при швидкості прокатки 1,1 м/с. Кожен зразок прокатували в один прохід на товщину близько 10 мм, тобто при $h = \text{const}$. Зразки вимірювали до і після прокатки в точках, що відповідають відносним обтисненням до 73%. Криві мають максимум, характерний для прокатки при $h = \text{const}$; (Див. Наприклад, Рис. 1.25, 1.26.

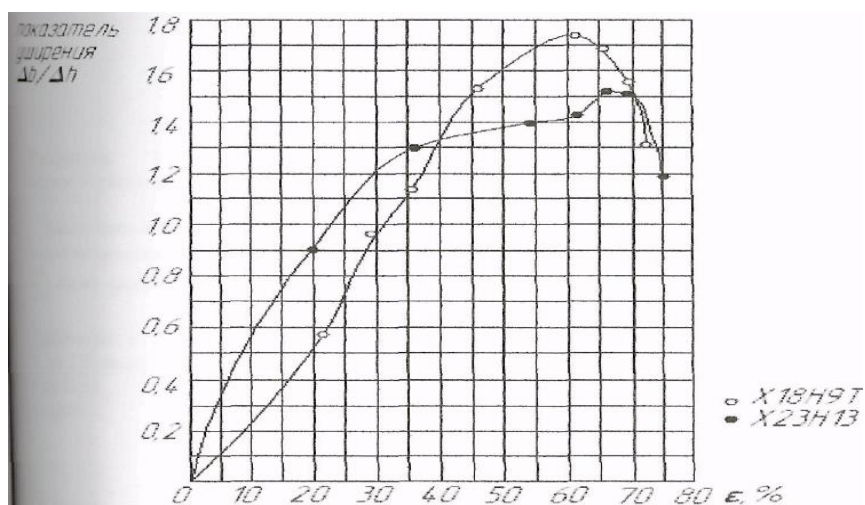


Рисунок 1.25 - Залежність показника розширення від відносного обтиску при температурі прокатки 1000 °С.

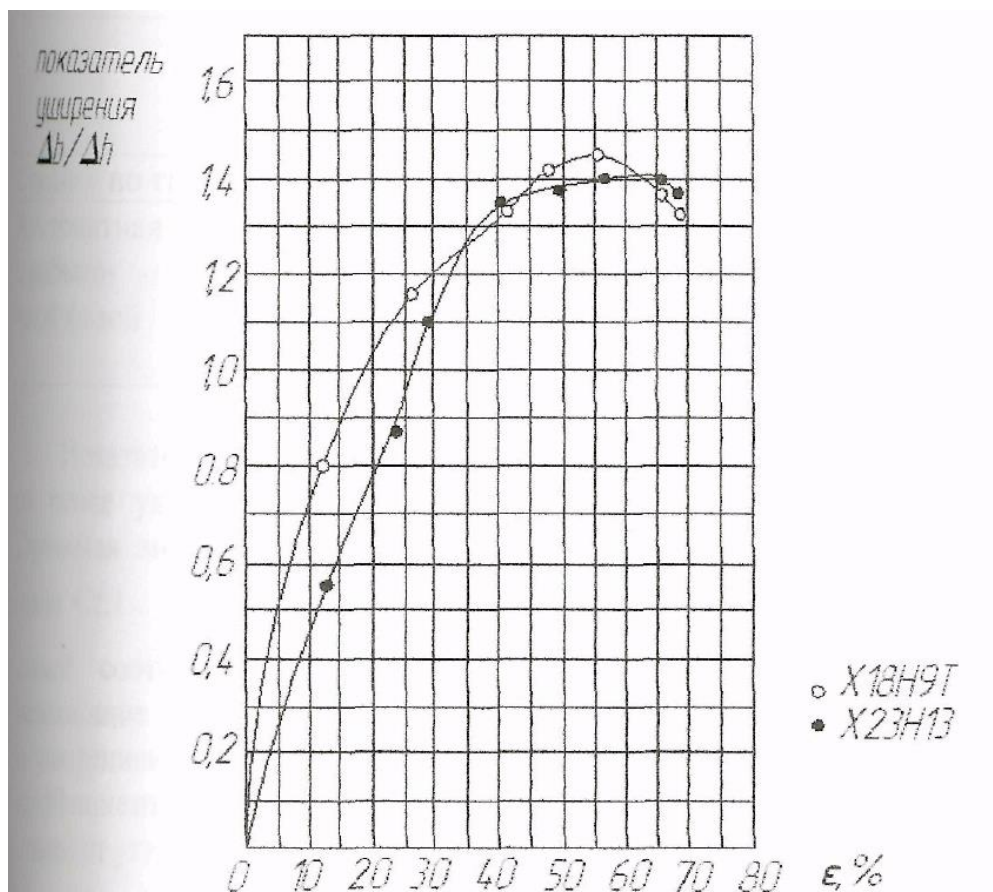


Рисунок 1.26 - Залежність показника розширення від відносного обтиску при температурі прокатки 1100°C.

Методом графічної інтерполяції для кожної марки сталі визначені значення розширення Δh , мм і показника розширення при однакових обтиснутими (табл. 1.7).

Таблиця 1.7 - Значення розширення при абсолютних обтиснутими від "25мм

Група сталі	Марка сталі яка входить в склад сталі	Повне обтиснення					Середній показник
		5	10	15	20	25	
Залізо	Ст.1	5,4	11,2	15,3	17,8	20	0,93
Аустенітна	4X14H14B2 М (EI69)	5,8	13,8	21,0	25,3	28,7	1,26
	X13H4Г9 EI100	5,7	13,5	21,4	27,5	30,7	1,32
	EX12M	6,2	14,5	20,7	27,4	30,8	1,32
Середнє по групі		5,9	13,9	21,0	26,7	30,3	1,30
Аустенітна з надлишковою фазою	X18H9T	5,9	14,7	21,7	27,4	30,8	1,34
	ЕЯЗС	6,0	14,4	21,5	27,2	31,5	1,34
	X23H13	5,8	14,3	22,0	30,4	34,0	1,42

Показник розширення марок сталі цієї групи найвищий; він також збільшується з підвищенням легування сталі, Беручи значення показника розширення низьковуглецевої сталі Ст. $\Delta b / \Delta h = 0,93$ за одиницю, і обчислимо для всіх інших сталей відповідні поправочні коефіцієнти m , визначають співвідношення між розширенням досліджених сталей і розширенням вуглецевої сталі (табл. 1.8). Цей поправочний коефіцієнт і характеризує відмінність розширення нержавіючих сталей від вуглецевих.

Таблиця 1.8 - Коефіцієнт розширення m , що враховує вплив складу сталі на розширення при прокатці

Група сталі	Марка сталі яка входить в склад групи	Середній показник уширення $\Sigma \Delta b$	Поправочний коефіцієнт m
Залізо	Ст.1	0,93	1,00
Аустенітна	4X14H14B2M (ЭИ69)	1,26	1.36
	X13H4Г9 (EI100)	1,32	1,42
	ЭХ12М	1,32	1.42
Середнє по групі		1,30	1.40
Аустенітна з надлишковою фазою	X18H9Т	1,34	1.44
	ЭЯЗС	1,34	1.44
	X23H13 (ЭЯЗ 19)	1,42	1.53

З таблиці 1.8 видно, що сталі груп аустенітної і аустенітної з надлишковою фазою (ФЕРИТ) мають розширення, що перевищують розширення «заліза» в 1,31 - 1,44 рази.

На Рис. 1.27, крім даних по повному розширенню Δb , наведені дані по розширенню по контактної поверхні Δb_K . Неважко бачити, що розширення по контактної поверхні було порівняно не більшим. Поперечна деформація

відбувалася головним чином за рахунок переходу металу з бічних граней на поверхню.

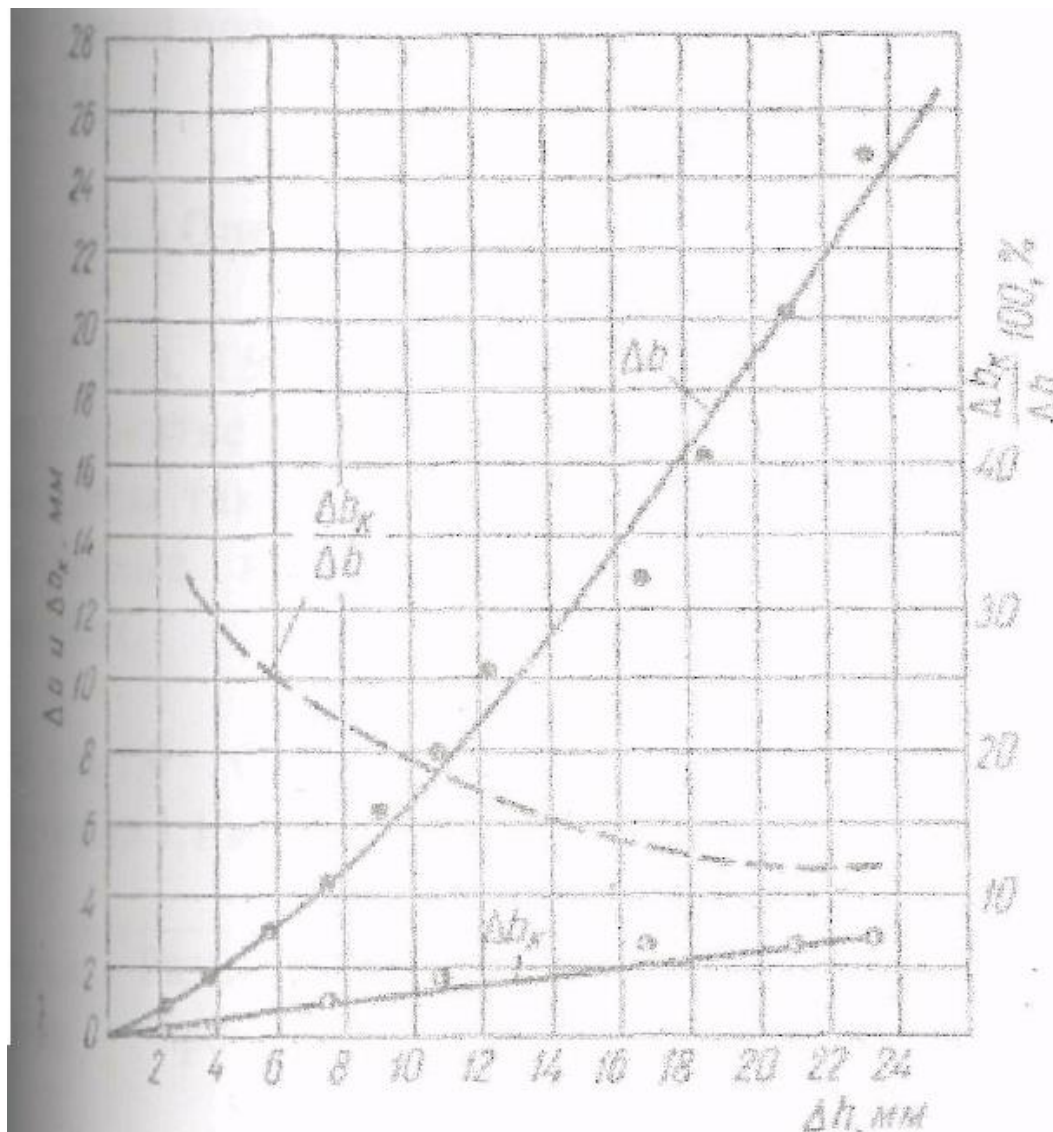


Рисунок 1.27 - Залежність розширення сталі XI8N9T від абсолютного обтиску при температурі прокатки 1080 ° С, $H = 37\text{ мм}$, $H = \text{const}$, діаметр валків 400 мм

Цікавим є рис. 1.28 ілюструє випадок виключно великого розширення нержавіючої сталі. Розміри вихідного зразка 40x40 мм. В найширшому місці ширина зразка дорівнює 130 мм і товщина 8 мм, Розширення склало 90 мм, а показник розширення досяг 2,82.

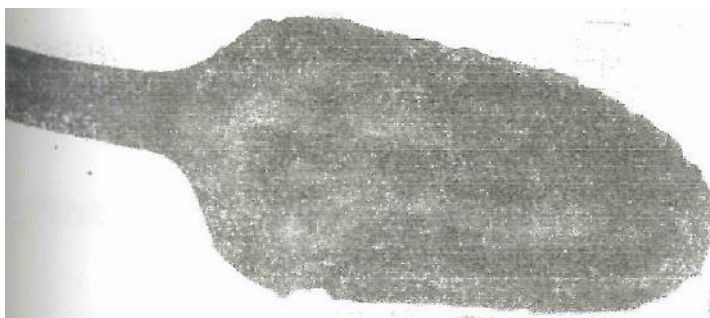


Рисунок 1.28 - зразок сталі X18H9T, прокатаний з обтисненням 90% за один прохід із зупинкою в валках (температура прокатки 1050 С, діаметр валків 400мм)

При прокатці необхідно враховувати, що поперечні нюрмації прокату не симетричні щодо його поздовжньої осі. [24]

1.3.4.3 Випередження

У табл. 1.9 наведені досвідчені дані випередження при прокатці нержавіючої сталі X18H9T. У ній вміщено також дані для вуглецевої сталі Ст. 1, отримані в однакових з нержавіючої сталлю умовах.

Таблиця 1.9 - Випередження нержавіючих сталей при прокатці зі швидкістю 1,1 м/с.

Марка сталі	Розміри до прокатки, мм		Розміри після прокатки, мм		Δh , мм	ϵ , %	Δb , мм	Випередження, %
	B	H	b	h				
08X18H9T	35,7	15,2	43,9	9,0	6,2	40,8	8,15	3,7
	35,7	17,7	48,0	9,1	8,65	48,7	12,2	4,5
	37,9	35,8	78,4	9,7	26,1	72,9	40,5	5,5
Ст1	37,6	11,7	40,7	8,5	3,18	27,2	3,1	2,5
	37,8	14,0	44,8	8,5	5,3	37,8	7,0	3,6
	37,8	17,7	49,8	8,8	8,8	49,7	12,0	4,6
	37,7	21,7	55,6	9,0	12,7	58,5	17,9	5,4
	38,0	37,8	69,4	9,4	28,4	75,1	31,4	6,9

Хромонікелева сталь Х18Н9Т при високих обтиснутих має меншу випередження, ніж сталь Ст. 1. (див. Рис 1.29)

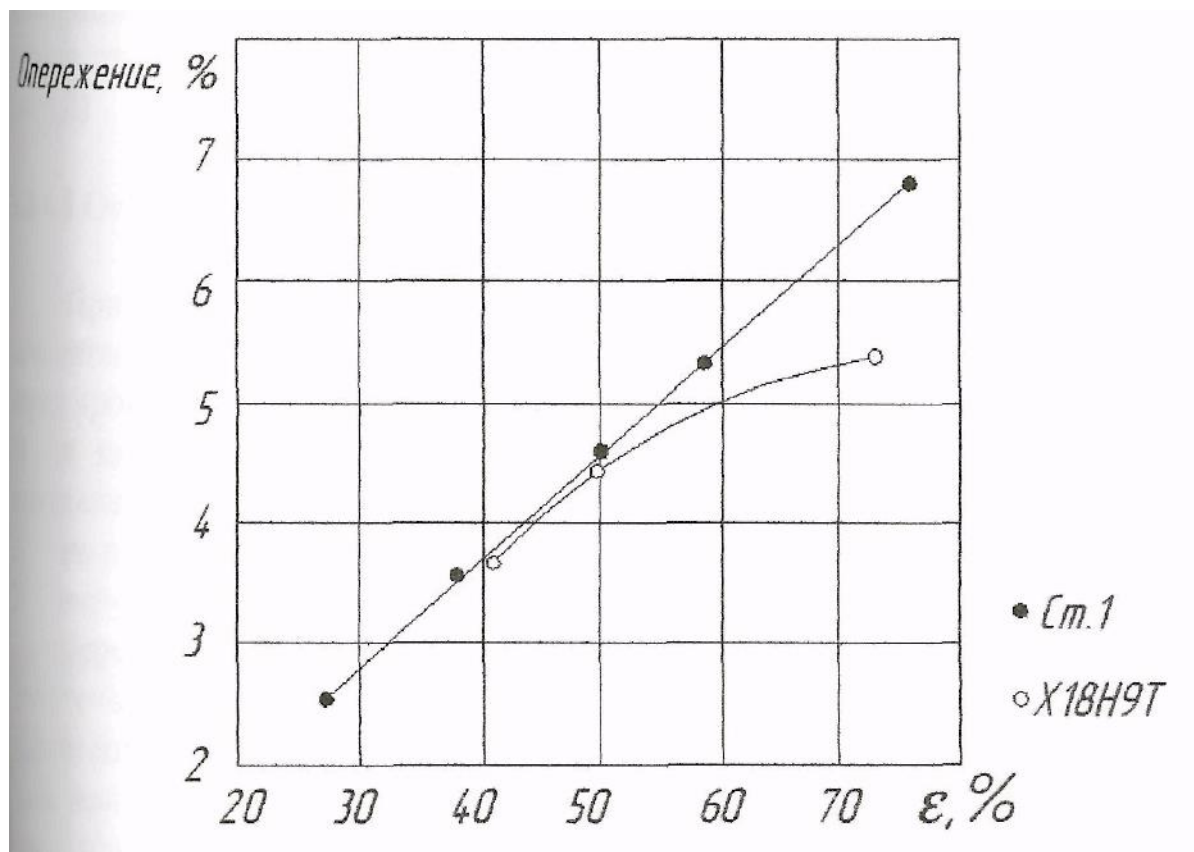


Рисунок 1.29 - Залежність випередження при прокатці нержавіючої сталі Х18Н9Т і Сталі 1 від відносного обтиску в однакових умовах

1.3.4.4 Схильність до налипання

Нержавіючі аустенітні і аустеніто-ферритні сталі схильні до налипання на прокатні валки. Щоб зменшити налипання, рекомендується [25] застосовувати під час гарячої прокатки чавунні валки. Це пояснюється тим, що сталеві валки швидко стають шорсткими. Шорсткість валків при прокатці переходить на їх поверхню виробу. Налипання зменшується з пониженням температури початку прокатки.

Енергійне охолодження валків водою також зменшує налипання, але при всіх умовах необхідно стежити за станом поверхні валків і систематично очищати поверхню від налиплого частинок металу. Для цієї мети стани повинні бути обладнані пристроєм, що дозволяє здійснювати таку зачистку валків по ходу прокатки. Налипання нержавіючих сталей головним чином пов'язано з коефіцієнтом тертя між валками і сортом [14]. Коефіцієнт тертя сталі X18H9T $m = 1,47$ щодо вуглецевої сталі ($m = 1,0$)

1.3.4.5 Особливості деформації

При прокатці блюмів спостерігаються такі небажані явища, пов'язані з умовами нагріву злитків перед прокаткою:

- 1) в деяких випадках виходить значна перевантаження двигунів блюмінгів і слябінгів;
- 2) на поверхні блюмів і слябів утворюються рванини;
- 3) порушується суцільність металу в осьовій зоні блюмів.

Перевантаження двигунів виходить зазвичай тоді, коли при досить низькій температурі нагріву (1200°C і нижче) тривалість нагріву злитків Раса для повного їх прогріву. Але навіть при гарному прогріванні злитків опір деформації сталі при цих температурах досить висока, тому, щоб зменшити навантаження при прокатці, прагнуть нагрівати злитки якомога вище.

При прокатці блюмів, як уже зазначалося, нерідко утворюються поверхневі дефекти. Поява рванин на поверхні і на гранях пов'язано з пластичністю металу і умовами нагріву.

Спостерігаються також випадки порушення цілісності на поверхні блюмів, які викликаються іншими причинами. Так встановлено [26], що причиною утворення рванина в середній частині однієї грані (рис. 1.30) слябів і блюмів є несприятливі умови деформації, обумовлені нерівномірним охолодженням гуркату. Такі дефекти утворюються, коли під час прокатки проводиться

інтенсивне охолодження валків водою, Помічено, що рванини утворюються на гранях, які найбільше число раз охолоджуються водою. За умовами прокатки певні межі на смузі виходять увігнутими. При рясному охолодженні валків водою можна спостерігати, як поверхня металу увігнутою межею помітно темніє. Через Рису теплопровідності цей поверхневий шар не встигає прогрітися за рахунок тепла нижчих шарів, в зв'язку з чим в ньому виникають напруження розтягу, обумовлені різною прокатуваністю холодних і гарячих шарів металу.

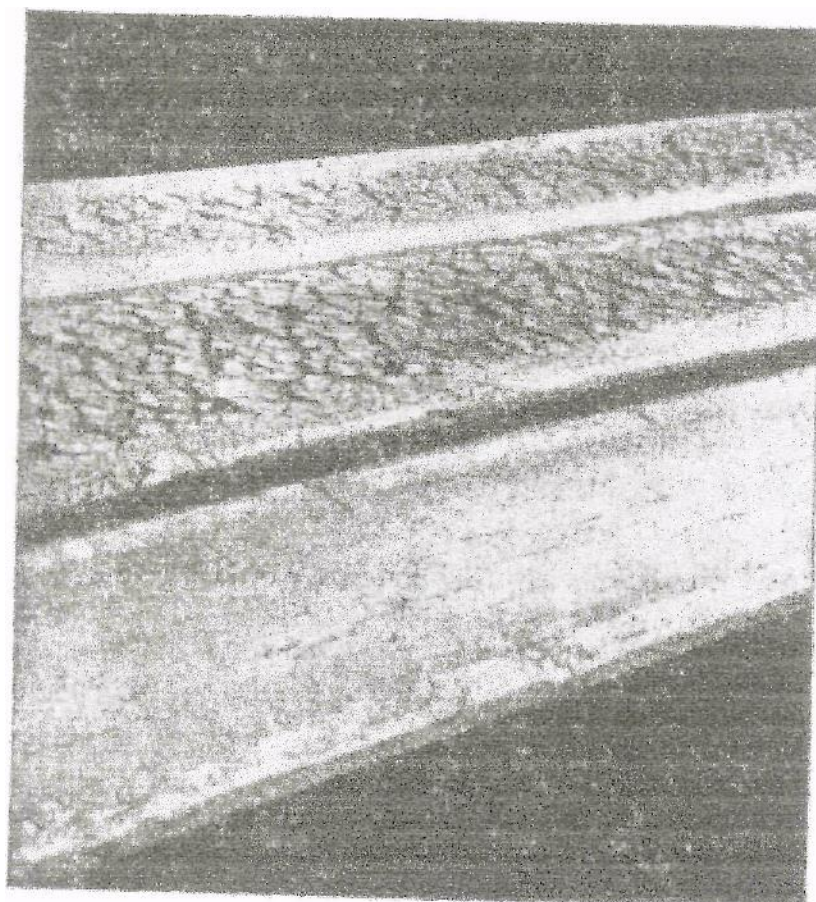


Рисунок 1.30 - рванина в середній частині однієї грані блюма зі сталі марки Х18Н9Т, що утворилися під час прокатки через інтенсивне охолодження водою.

Пластичність нержавіючої сталі з пониженням температури зменшується. Поява напруг, що розтягують при одночасно зниженні пластичності, природно, призводить до утворення своєрідних рванина, показаних на рис. 130. Освітлі рванина сприяє низька якість поверхні злитків. Найчастіше цей дефект з'являється на Блюм прокатаних із злитків уражених свищами.

Це підтверджено іншим досвідом, в якому прокатка на блюмінгу нержавіючої сталі виробляються без охолодження валків водою. Дефектів типу показаних на рис.1.30 на цьому епізоді не спостерігається, чому сприяє і та обставина, що злитки нержавіючої сталі 1X18H9T, як правило, піддають зачистці.

1.4 Нагрівання нержавіючих сталей

1.4.1 Нагрівання злитків сталей аустенітного класу

Аустенітні нержавіючі сталі, в порівнянні з іншими нержавіючими сталями, мають найбільш високу температуру початку прокатки яка досягає 1200 ° С (дв.табл, 1.10), Це пов'язано з тим, що аустенітні сталі володіють підвищеним опором деформації.

Таблиця 1.10 - Рекомендований нагрів зливків Чижикивим [18].

Марка сталі	Вага	Температура печі до 1200 °С	Температура печі при видержки	При видачі	Після двох проходів	Тривалість нагрівання ч/хв, з температури	
						800	20
X18H9	2600	1330	1290	1240 - 1260	1100	4 – 15	8 – 30
	8200	1300	1290	1240-1260	1100	6 – 00	14 – 00
	2600	1300	1290	1230 - 1240	1120	5 – 15	10 – 00
	6200	1300	1290	1230-1240	1120	7 – 00	15 – 00
X18H10T	2600	1300	1300	1240 - 1260	1120	4 – 25	10 – 00
	6200	1300	1300	1260	1120	6 – 00	14 – 00

При дослідженні спільного впливу температури і тривалості нагріву злитків масою 2800 кг сталі X18H9T встановили, що збільшення тривалості нагрівання на 2 ч, сприяло поліпшенню якості блюмів по рванинам. Однак при цьому значно збільшився шлюб по осьового перегріву і в зв'язку з нагріванням сталі до гранично високих температур (1250-1270 °C), при яких навіть невелике відхилення від заданих умов призводить до утворення дефектів макроструктури.

В результаті дослідження був рекомендований наступний режим нагріву холодних зливків сталі X18H9T масою 2800кг і максимальним перетином 540x540 мм в рекуперативних колодязях з опаленням з центру подини:

а) при утриманні α -фази, відповідному до 2,5 балів. тривалість нагріву дорівнює 10 год, температура нагріву 1250-1270 °C;

б) при утриманні α -фази, відповідному більше 2,5 балів, тривалість нагріву дорівнює 12 год, температур нагріву 1240-1250 °C (в першу годину нагріву допускається температура по зливка 1 270 °C).

Температура 1270 °C є граничною, перевищення якої неминуче призводить до браку по макроструктуру. Доречно додати, що прийняті високі температури нагріву пов'язані з недостатньою потужністю двигуна блюмінга. На тих заводах, де потужність двигуна блюмінга достатня, температуру нагрівання злитків знижують для того, щоб виключити шлюб по нагріванню і перегріву.

1.4.2. Режим нагріву злитків сталі 12X10H10T [27]

На заводі "Червоний Жовтень" досліджували вплив факторів технологічного процесу на якість поверхні розкатів, отриманих під час прокатки в обтискному крупносортному цеху злитків сталі 12X18H10T з вмістом феритної фази (α -фази), рівним балу 3 і більше. У зв'язку з цим зібрали статистичну інформацію про виробництво заготовок перетином 550x180, 500x170, 340x180 і 101x101 мм із злитків сталі, виплавлених в ЕСПЦ-2 в I півріччі. Отримана вибірка даних включала 63 спостереження за нагріванням злитків. Хімічний склад сталі

12X18H10T був наступний, %: 0,08-0,13 C; 0,23 - 2,05 Mn; 0,36-0,85 Si; 0,03-0,040P; 0,013 - 0,030 S; 16,8 - 19,0 Cr; 8,5 - 10,2Ni; 0,18 - 0,49 Cu; 0,54 - 0,90 Ti; 0,10-0,41 Mo; 0,20-0,75V; 0,02-0,09 W; 0,011 - 0,250 Al. Температура металу в ковші становила 1510-1620 °C; тривалість наповнення виливниць: 5,25 - 9,42 хв.

Параметри нагріву злитків були наступними:

Температура поверхності злитків при посаді, °C	650 - 861
Температура в колодці при посаді, °C	900 - 1340
Кількість злитків в колодці:	
мінімальне	До 10
максимальне	12-16
Максимальна температура нагріву (по газу), °C	1220 - 1320
Температура ловлення (по газу), °C	1150 - 1260
Тривалість посади злитків	
в колодці, ч	0,02- 1,58
тривалість витримки при	
максимальній температурі,	0,08 - 4,0
Тривалість витримки при температурі	
ловлення,	2,33 - 10,0
Загальний час нагріву,	7,35 — 16,92

Витяжка металу при деформації становила 5,27 - 11,91. Якість поверхні розкатів оцінювали за величиною ураженості металу рваними F (0 - 10 0%).

Кореляційний аналіз дозволив виявити фактори, які називають найбільший вплив на якість прокату.

$$X_1) [Cr]_{\text{экв}} = Cr + 1,5Si + 4Ti + Mo + 0,8W + 1,5V + 3,5Al;$$

X₂) Максимальна температура нагріву;

X₃) ((P + S; X₄) Cr/Ni; X₅) C;

X₆) Тривалість наповнення виливниці;

X_7) температура металу в ковші. Значення коефіцієнтів лінійної кореляції між показником F і факторами процесу отримали наступні позитивні) для X_1 — 0,77; X_2 — 0,21; X_3 — 0,24; X_4 — 0,37; X_5 -0,33; X_6 — 0,32; X_7 — 0,16.

З наведених даних випливає, що визначальний вплив на якість поверхні розкатів надають хімічні елементи, які сприяють збільшенню фази α в металі (X_j). Разом з тим вплив на величину F надають і фактори X_2 - X_7 . крім того, при виробництві заготовок з корозійно-стійких сталей необхідно враховувати вплив сполучень факторів. На показник F істотний вплив роблять поєднання X_1X_6 , X_3X_5 , X_3X_4 , X_4X_7 і ін. Коефіцієнт кореляції між величиною воші металу і показником F дорівнює 0,04, що свідчить про слабкий вплив режимів обтиснень на якість поверхні металу, що прокочується.

Більш зручною формою узагальнення результатів дослідження апроксимує регресійні рівняння. З урахуванням факторів і їх змішаних сполучень на величину F , а взаємозалежності вивели апроксимним рівнянням:

$$9 + 489,3X_1 - 580,8X_3 + 183,7X_4 - 300,3X_5 - 629,2X_6 + X_7 - 45,3X_2 - 70,7X_8 + 378,6X_9 - 7,6X_{10} + 28,6X_1X_6 - 1X_9 - 176,9X_1X_5 - 213,1 X_1X_7 + 78,1X_1X_8 + 182,2X_3X_6 + X_3X_4 + 91,8X_3X_5 - 54,7X_4X_7 + 114,2X_5X_7 + 131,4X_1^2 - 83,6X_4^2 + 144,8X_6^2. \quad (1.1)$$

В залежності чинники змінюються в інтервалі від 1 до інтегровані значення факторів X_{iH} визначали по залежності:

$$X_{iH} = (X_i - X_{i_{\min}}) / (X_{i_{\max}} - X_{i_{\min}}) + 1 \quad (1.2)$$

де: $X_{i_{\min}}$ $X_{i_{\max}}$ — мінімальне і максимальне значення фактори вибірки даних.

Нормування дає можливість по коефіцієнтів в рівнянні (1) оцінити вплив того чи тора на досліджуваний показник.

Таблиця 1.11 - Режим нагріву злитків масою 4-7 т з сталі Т з вмістом феритного фази, рівним балу 3

$\tau_1, \text{Ч}$	$\tau_B, \text{Ч}$	$\tau_{\Sigma}, \text{Ч}$
1.5-2.0	0.5	10.5-11.0/12.5-13.0
2.0-2.5	0.25	11.0-11.5/13.0-13.5
2.5-3.0		11.5-12.0/13.5-14.0
1.5-2.0	0.5	10.0-10.5/12.0-12.5
2.0-2.5	0.25	10.5-11.0/12.5-13.0
2.5-3.0		11.0-11.5/13.0-13.5
1.0-1.5	0.5	9.0-9.5/11.0-11.5
1.5-2.0		9.5-10.0/11.5-12.0
2.0-2.5	0.25	10.0-10.5/12.0-12.5
2.5-3.5		10.5-11.0/12.5-13.0
>1	0.5	8.0-8.5/10.0-10.5
1.0-1.5		8.5-9.0/10.5-11.0
1.5-2.0	0.25	9.0-9.5/11.0-11.5
2.0-3.0		9.5-10.0/11.5-12.0
>1	0.5	7.5-8.0/9.5-10.0
1.0-1.5		8.0-8.5/10.0-10.5

t - температура поверхні злитка при посаді; τ_3 - час підйому температури в колодязі до максимальної; t_B - час витримки при максимальній температурі; τ_{Σ} - загальний час нагрівання (зліва і праворуч від косою риси - для злитків масою 4 - 16 і 6 - 7 т відповідно). Для сталі, що містить фазу α бали 2,5 загальний час нагрівання зменшується на 1,5 год; більше бали 3 - збільшується на 1 ч.

Для розширення можливостей управління режимом нагріву витків в рівняння (1.1) включили ще чинники $X_8 = t_1 * \tau_2$ і $X_9 = t_2 * \tau_3$ які побічно характеризують кількість тепла, одержуваного металом на кожному ступені нагріву (рисунок 1.31), а також швидкість підйому температури за період нагрівання τ , (X_{10}).

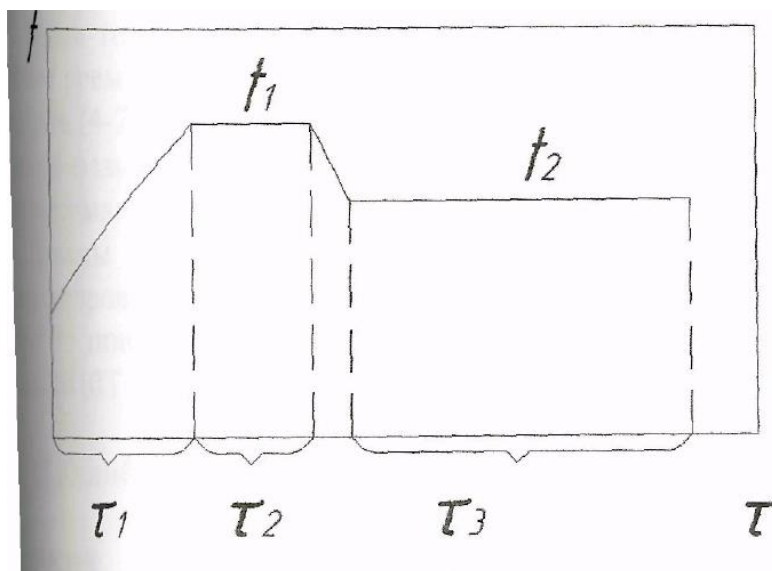


Рисунок 1.31 - Схема режиму нагріву злитків сталі 12Х18Н10Т в рекуперативних колодязях з верхньої торцевої пальником обжимного крупносортового цеху заводу «Червоний Жовтень»

Залежність (1.1) характеризується середньоквадратичним відхиленням апроксимованих даних від вихідних, рівним 7,6 і максимальним відхиленням для порівнюваних даних, рівним 20,2. Залежність адекватна при 5% -му рівні значущості критерію Фішера.

Знаючи хімічний склад сталі і параметри розливання, за допомогою цієї залежності можна вибрати максимальну температуру нагрівання, температуру томління і тривалість, витримки, що забезпечують мінімальне значення F . Таким чином, для кожної плавки можливе призначення конкретного режиму нагріву. Використання отриманої моделі при нагріванні ряду плавок сталі 12Х18Н10Т з фазою α , що дорівнює балу 3, показало хорошу збіжність розрахункових і фактичних результатів.

Однак для використання такої математичної моделі в виробничих умовах потрібно комп'ютерна техніка, тому доцільніше розробити конкретні режими нагріву. З використанням отриманої моделі розробили режими нагріву злитків корозійностійкої сталі 12Х18Н10Т з вмістом феритної фази бали 2,5 і більше. Особливість розроблених режимів полягає в тому, що температуру нагрівання призначають в залежності від величини бала феритної фази:

Балл фазы αt_1 , °С

t_2 , °С

2,5	1260-1280	1220-1240
3,0	1240-1260	1180-1200
>3,5	1220-1240	1180

Крім того, час витримки при максимальній температурі і загальний час нагрівання злитків призначають в залежності від маси злитків (4-7 т), температури їх поверхні при посаді, бали феритної фази і тривалості підйому температури в колодязі: максимального значення (таблиця 1.11).

Режими нагріву пройшли промислове випробування і коректировка. Впровадження таких режимів дозволило в зменшити шлюб по поверхневим дефектам при прокатці зливків зі сталі 12X18H10T в 1,48 рази (з 0,37 до 0,25%).

1.5 Калібрування валків для прокатки нержавіючих сталей

Багато промислових нержавіючі сталі нормально розгортають по калібруванням валків, призначених для прокатки звичайних вуглецевих сталей.

Однак ряд нержавіючих сталей в зв'язку з особливими властивостями по звичайним калібруванням валків прокочуються незадовільно. У зв'язку з цим необхідно застосовувати спеціальні калібрування валків або коригувати звичайні.

1.5.1 Аналіз систем калібрування валків для прокатки нержавіючих сталей

Більшість нержавіючих сталей прокочують на блюмінгах і обтискних станах по калібруванням, що складається з ящиків калібрів. Ніяких особливих вимог до форми ящикових калібрів, призначених для прокатки легованих сталей, зазвичай не пред'являють. Як і під час прокатки звичайних сталі, потрібні достатня

стійкість гуркотів в калібрах і відсутність «лампасів», що досягається досить глибоким вріз калібрів і належним випуском їх.

Деякі нержавіючі сталі, що володіють зниженою пластичністю, не вдається прокатати без порушення цілісності. Хоча утворюються при деформації дефекти у вигляді рванина і тріщин на поверхні заготовок вдається видалити зачисткою на наждакових верстатах і іншими способами, а заготовки використовують для подальшої прокатки, така технологія все ж неприпустима.

У зв'язку з цим вишукують способи деформації Рисо пластичних сталей, при яких порушення їх суцільності повністю виключається або в крайньому випадку зводиться до мінімуму. У багатьох випадках цьому сприяє правильно обрана калібрування валків. Порушення суцільності при деформації сталі відбувається під впливом розтягуючих напружень, що виникають в різних шарах металу при прокатці. Встановлено, що напружений стан металу при прокатці залежить від форми калібрів і умов деформації в них.

Так, під час прокатки заготовок з нержавіючих Рисо пластичних сталей найкращі результати виходять з калібрування системи коло-коло.

Щоб зменшити небезпеку порушення цілісності Рисо-пластичних сталей, необхідно прагнути до створення таких калібрувань і умов деформації в них, при яких відсутні значні напруження розтягу. Для цього не обходимо, щоб деформація металу була б якомога ближче до рівномірної.

Для отримання квадратів застосовують калібрування, що складаються з ряду ящиків, ромбічних і трапецеїдальних овальних калібрів. Найчастіше заміна ящиків калібрів ромбічними викликається бажанням отримати на одних і тих же валках без перевалки квадрати різних розмірів.

Ромбічні калібри мають суттєві недоліки, особливо неприпустимі при виробництві нержавіючих сталей. Головними з цих недоліків є наступні:

1. Сильно зношувалися поверхні калібрів спочатку Вузли, потім і на сторонах, що погіршує якість поверхні металу.

2. Швидко наварюються частки металу на поверхню калібрів; на нових сталевих валках після декількох годин роботи вже виявляється нівроку металу. Це також погіршує якість поверхні прокату.

3. Ромбічні калібри сприяють утворенню рванина на металі, що володіє зниженими пластичними властивостями. Цей недолік ромбових калібрів обумовлений несприятливими умовами деформації в них поверхневих шарів металу (підстужування металу в кутах, наявність напруги, що розтягують на крайках, Риси обтиску).

Перевага система калібрування ромб - квадрат полягає в можливості отримувати більш правильні і чисті квадрати, ніж за системою калібрування квадрат - овал, що забезпечує отримання більш точного профілю. Поряд з цим при прокатці по системі калібрування ромб - квадрат обтиску від калібру до калібру можуть бути значно менше, ніж при прокатці по системі калібрування квадрат - овал. Ця обставина вважали дуже важливим, припускаючи, то великі обтиску в ряді калібрів системи квадрат - овал при прокатці нержавіючих сталей приведуть до утворення рванина. Насправді виявилось, що рванини частіше; утворюються при прокатці в калібрах системи ромб - квадрат. Ці рванини з'являються на ребрах (кутах) прокочуються полоси це показано на рис. 1.32.

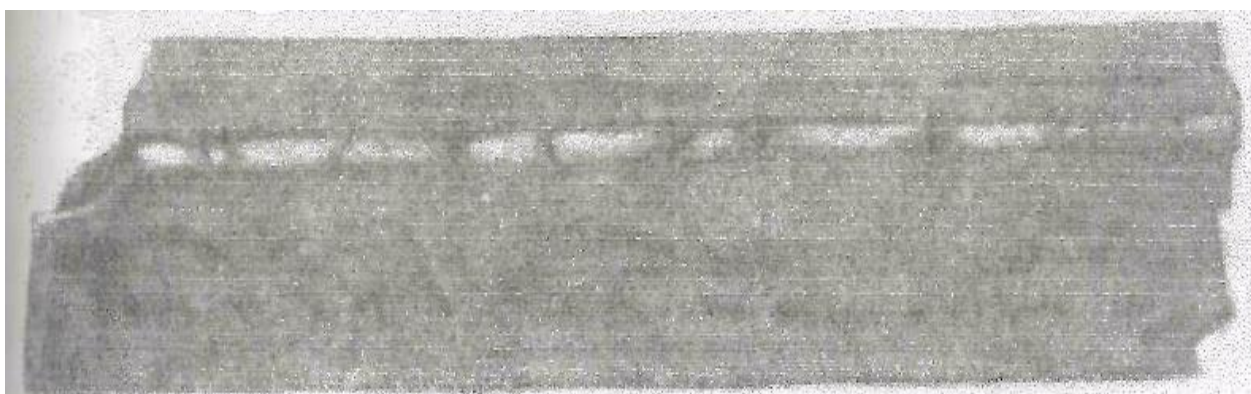


Рисунок 1.3.2 - рванина утворюються то ребрах прокочуються смуг малопластичних сталей.

Поява рванина пояснюється зниженням пластичності в кутах прокочуються смуг через швидке зниження температури. При прокатці по системі калібрування ромб - квадрат смуга після кожного проходу повертається на 90 °. Метал, який припадає проти зазору валків під час першого проходу, потрапляє знову в зазор при третьому, п'ятому і наступних проходах (т. Е. Через один прохід.)

При парних проходах метал, який перебував проти зазору, потрапляє внаслідок кантування в закрите місце калібру і також на кут. Таким чином, зовнішні частки металу, розташовані по кутах, так і залишаються зовнішніми. Ця обставина призводить до швидкого охолодження смуги, особливо в кутах. Метал, втрачаючи пластичність, наклепуваність, що викликає утворення рванин. Цьому сприяє ще та обставина, що для уникнення отримання дефектів у вигляді задирок і заходів застосовують більш витягнуті ромби для більшої стійкості смуги. Ці ромби мають дуже гострі кути, тому вони швидко охолоджуються.

Нарешті, утворення рванина на кутах профілю сприяє також напруги, що виникають в прокочується металі. При прокатці мають місце різні швидкості закінчення окремих елементів ромбового профілю і в значній мірі також квадратного. Швидкість збільшується від вершин ромба до гнізда валків зі збільшенням робочого діаметра калібру. Внаслідок різниці швидкостей частки металу, розташовані у роз'єму валків, прагнуть більше витягнутися, але при цьому вони зустрічають опір частинок металу, що прокочуються з меншою швидкістю. В результаті на кутах профілю з'являються втягують напруги, які, можливо, призводять до утворення надривів (тим більше при зниженні пластичності кутів профілю).

Слід зазначити, що система калібрування ромб - квадрат має ще такі недоліки, властиві ромбічним калібрів:

1. Ромбічні калібри, особливо при завданні в них квадратів, не видаляють окалину з поверхні прокочується смуги, а навпаки, вдавлюють її в метал. Так як частина окалини з тієї чи іншої причини все ж віддаляється, то поверхня стає нерівною, покритою ямками - слідами від відвалилася окалини, Така «ряба» поверхню, якщо вона утворилася в чорнових проходах, може привести

до утворення волосових - слідів витягнутих поглиблень, що залишилися після місцевого видалення окалини.

2. Через різної швидкості прокатки окремих елементів профілю, обумовлюється різницею між робочими діаметрами валків, поверхня ромбових калібрів дуже швидко зношується. З цієї причини (прослизання металу) до поверхні ромбових калібрів швидко приварюються частки металу, що прокочується. Ці недоліки погіршують поверхню металу, що прокочується, тому комбінована система калібрування, в якій є овали, має ту перевагу, що при прокатці дещо краще видаляється окалина.

Система калібрування коло - овал отримала широке застосування, де висувають високі вимоги до чистоти поверхні прокату.

Профіль виходить з плавними округлими обрисами, що виключають можливість утворення складок і зморшок.

Основна перевага цієї системи калібрування перед іншими системами, зокрема в порівнянні з системою калібрування квадрат - овал, полягає в тому, що профіль виходить з більш чистою поверхнею (без зморшок).

Крім того, система калібрування коло - овал має ще ряд інших дуже важливих переваг. При прокатці по системі калібрування коло - овал смуга більш стійка в овальному калібрі, ніж при прокатці по системі калібрування квадрат - овал. смуга. Що виходить з чорнового круглого калібру, має різні діагоналі.

Чорнотю коло задається в овал плазом, т. Е. Велика діагональ його є горизонтальною. Завдяки більшій стійкості чорнового кола в овальному калібрі немає необхідності встановлювати пропуски перед овальним калібром дуже тісно, що полегшує завдання смуги в калібр. Як наслідок нерівномірна деформація по ширині смуги в калібрі.

Крім того, не утворюються косі овали, при прокатці яких можливе отримання місцевих заходів; зменшується також небезпека утворення підрізів, так як пліщення проводиться в незаповнених овалах.

При прокатці по системі калібрування квадрат - овал цих переваг немає. Стійкість квадрата в овалі, природно, менше стійкості чорнового кола в овалі, так

як ширина і висота квадрата однакові, а у чорнового кола ширина більше висоти. При цьому умови деформації більше сприяють перекосу квадрата в овалі, ніж, чорнового кола в овалі. Перекіс стає особливо можливим, коли в овал перетворюється квадрат з неоднаковими діагоналями і невиконаними кутами. У цьому випадку, як правило, утворюється косою овал, при подальшій прокатці якого утворюються місцеві заходи.

При прокаті по системі калібрування коло - овал по порівнянню з системою калібрування квадрат - овал менше небезпека утворення підрізів і заходів. При прокатці по системі калібрів квадрат - овал, щоб уникнути утворення складок і зморшок на готовому профілі, необхідно мати добре виконані овали. Це вимагає дуже ретельної настройки стану, і з'являється небезпека утворення підрізів і заходів. При роботі на заповнених овалах найменший зсув валків відбивається на овалі у вигляді підрізу. При косою установці коробки, коли смуга надходить в овал не строго по центру, утворюється овал з одностороннім вусом і ін.

При прокатці по системі коло - овал цих недоліків немає, Так як прокатка ведеться з незаповненими овалами. В цьому випадку не потрібна така ретельна настройка, як при прокатці і системі квадрат - овал.

Система коло - овал має, однак, один істотний недолік. При прокатці овалу в чорновому колі смуга в калібрі не так стійка, як при прокатці овалу в квадраті. У першому випадку смуга при виході з калібру прагне скручуватися спіраллю.

Система калібрування овал - овал усуває недоліки системи калібрування квадрат-овал. Однією з таких систем є система калібрування овал - овал.

Умови зміни форми овалу в овалі аналогічні умовам зміни форми овалу в колі і кола в овалі. Найбільші обтиску припадають на центральну частину профілю. Від центральних елементів до країв обтиску зменшуються. Ця обставина, як і в системі калібрування коло - овал, зменшує утворення складок. У цьому полягає основна перевага системи калібрування овал - овал. Основні недоліки р системи наступні:

1. Захоплення валками овалів при завданні їх в овали утруднений внаслідок того, що поверхня дотику металу з валками дуже незначна. При цьому сила,

що втягує метал в валки, недостатня для здійснення захоплення. У виробничих умовах при прокатці по системі калібрування коло - овал доводиться ставити смугу в калібр з розгону. Зрозуміло, що захоплення тим важче, чим твердіше сталь, і навпаки, при прокатці м'яких сталей захоплення значно полегшений. На ряду з Рисою поверхнею зіткнення при прокатці по системі калібрування овал - овал виходять великі абсолютні обтиску, що зумовлюють великі кути захоплення. Слід зазначити, що і при прокатці по системі калібрування коло - овал, особливо твердих сталей, при завданні овалу в коло також спостерігається утруднений захоплення смуги валками. З іншої точки зору кращої є система калібрування квадрат- овал, що забезпечує хороші умови захоплення.

2. При прокатці по системі калібрування овал - овал з'являється небезпека згортання овалу в овалі, що може відбуватися, якщо смуга слабо тримається пропусками в коробці. Необхідність в тісному установці пропусків погіршує і без цього важкі умови захоплення.

При усуненні основних недоліків системи калібрування овал - овал можна широко застосовувати її, так як вона дозволяє прокатувати смуги з підвищеними обтисканнями і, отже з меншим числом проходів.

Найкраще ця система може бути, по-видимому, використана при прокатці м'яких сталей.

1.5.2 Складки, зморшки і форма калібрів

Значна кількість зустрічаються на поверхні прокату дефектів, на вигляд схожих на тріщини або волосовини, не завжди є дійсні тріщини або волосовини, що утворилися з розкатаних підкіркових бульбашок або навіть отримані від наварів або вироблення калібрів. Часто ці тріщини або волосовини, які правильно називати зморшками, виходять в результаті утворення складок при деформації.

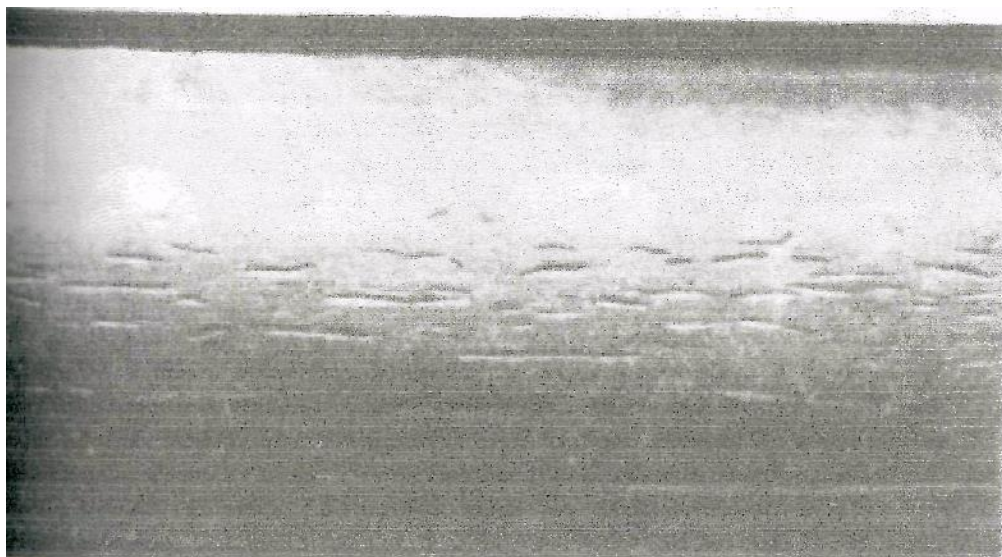


Рисунок 1.3.3 - зморшки утворилися при прокатці круглого профілю

Освіта складок, а в подальшому і зморшок безпосередньо пов'язано з формою калібрів і умовами деформації в них. Освіта складок залежить від обтиску, температури і марки сталі. При цьому бічні поверхні розкатів, наприклад, в вузько сходяться місцях овалів робляться більш-менш шорсткими. При подальшій прокатці овалу, що має складки на нових сторонах, утворюються зморшки, подібні показаним на рис. 1.33. На рис. 1.34 показаний овал, який має сильно шорсткі вузькі межі. Зморшки утворюються як в овалах, так і на квадратах, найчастіше в тих випадках коли відбувається невиконання овалу або кутів квадрата. Було відмічено, що зморшок утворюється тим менше, ніж більш випуклі сторони заданого профіля.

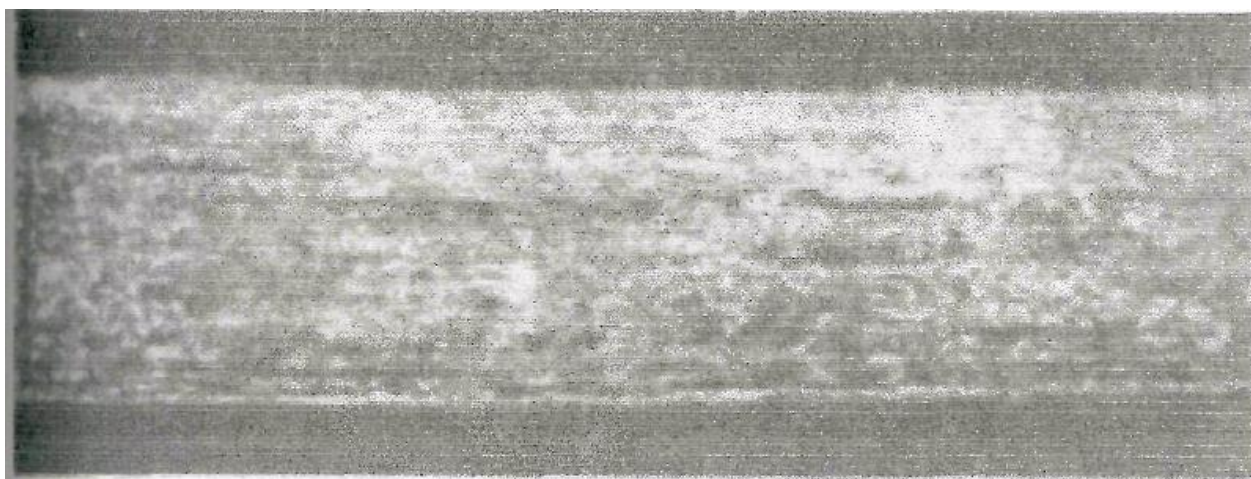


Рисунок 1.34 - Вузька грань овалу з великою шорсткістю

Освіта складок і зморшок властиво калібрами системи калібрування квадрат - овал. Умови деформації квадрата в овалі показані на рис. 1.35 у вигляді діаграми природних витяжок. Максимальна обтиснення доводиться на бічні вертикальні грані квадрата. Це сприяє утворенню складок на вузьких сторонах овалу, особливо в тих випадках, коли овал виходить невиконаним. Наявність на сторонах квадрата шорсткостей, зокрема у вигляді рябизна (ямок), отриманий від втиснула окалини, сприяє утворенню зморшок.

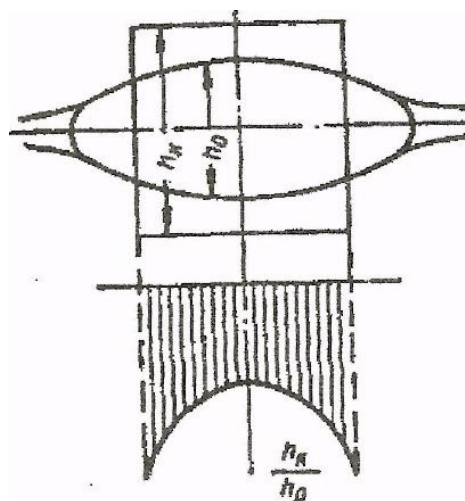


Рисунок 1,35 - Діаграма природних витяжок при деформації квадрата в овальному калібрі.

Новоутворена на вузьких гранях овалу шорсткість при подальшій прокатці в квадраті витягується і стає ще більш частою, що видно з рисунка 1.36, на якому показано зменшення розміру а овалу в вершині квадрата.

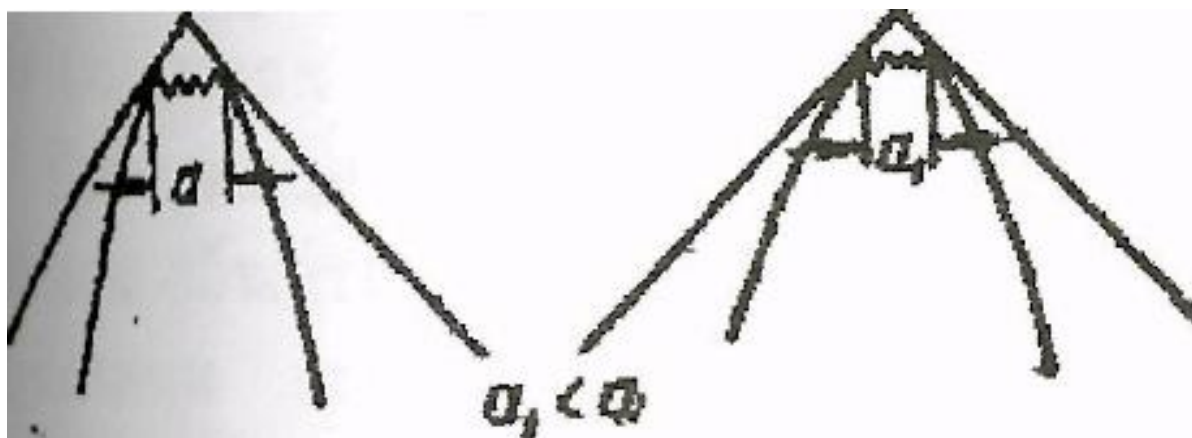
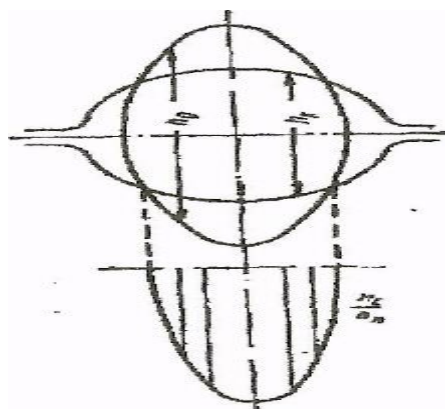


Рисунок 1.36 - Схема, що показує утворення зморшок на овалі при завданні його в квадратний калібр

Як показали виробничі спостереження, система калібрів круг - овал дає хороші результати по чистоті поверхні прокату і відсутності зморшок, тобто «Тріщин», які утворюються з складок, які утворюються в процесі формозміни.

Умови деформації при прокатці овалу в чорновому колі значно сприятливіші, ніж при прокатці овалу в квадраті. З Рисунка 1.37 видно, що максимальні обтиску отримують середні елементи профілю, мінімальні обтиску - крайні, вільно розширюють. Відсутність значного явища на сторонах профілю виключає можливість появи складок і зморшок, подібних до тих, які страждають під час прокатки овалу в квадраті.



Рисунок, 1.37 - Діаграма природних витяжок при прокатці металу в круглому калібрі.

Слід вказати також на значно меншу напруженість металу при прокатці кола в овалі, ніж при прокатці квадрата в овалі. Різна напруженість металу викликається різним характером і поставлення форми його в обох випадках.

Деформація елементів смуги, які піддаються великим обтисненням при прокатці квадрата в овалі, стримується елементами смуги, схильними до Рисим обтисненням і розташованим в середині профілю. При цьому метал піддається дії внутрішніх сил розтягування і стиснення.

Так як під час прокатки кола в овалі обтиснення зменшується від серединних шарів до периферійних, то внутрішня напруженість металу при цьому значно зменшується.

1.5.3 Результат аналізу систем калібрування валків для прокатки нержавіючих сталей

Якість поверхні прокатоної сталі залежить не тільки від системи калібрування, а й від стану поверхні валків. Калібри валків при прокатці сильно зношуються, стають шорсткими. Нерівності поверхні калібрів друкуються на прокатуваної смуги. При значній виробленні калібрів ці відбитки можуть вийти настільки глибокими, що поверхня профілю виявляється покритою великою кількістю дефектів у вигляді волосовин.

При прокаті часто утворюються навари - прилипання до поверхні калібрів частки металу, що прокочується. Навар на калібрах у вигляді горбків також відображаються на поверхні прокочується профілю. Найбільше наварів виходить в вершинах ромбових калібрів, т. Е. Як рахунок в місцях найбільшого тиску. У разі сильного буксування валків навари утворюються і на інших калібрах, зокрема на овальних. Боротьба з поверхневими дефектами внаслідок наварки калібрів дуже трудомістка, тому там, де це можливо, доцільно замінити сталеві валки, чавунними.

Утворилися на калібрах навари необхідно зчищати. Якщо наварку в даному калібрі видалити важко, то переходять на прокатку в іншому калібрі; в валки повинно бути врізане достатню кількість запасних калібрів.

1.6 Дослідження прокатки сталі X18H9T з підвищеними обтисканнями на блюмінгах

Дослідження допустимих обтиснень при прокатці сталі X18H9T зроблені в [28].

При прокатці блюмінга і заготовок із злитків легованих сталей особливо важливим є режим обтиску по проходах. Прийнято вважати, що леговані сталі

можна прокатувати тільки з малими обтисканнями, значно меншими, ніж при прокатці вуглецевих сталей.

Необхідність прокатки легованих сталей з Рисими обтисканнями обґрунтували тим, що леговані сталі в литому стані мають крупнокристалічного будова і характеризуються зниженими пластичними властивостями, допускають застосування лише «обережних» обтиснень. Вважали, що при прокатці легованих сталей з більш високими обтисканнями, навіть такими, які застосовують при прокатці вуглецевих сталей, неминуче утворюються рванини і тріщини. У зв'язку з цим прокатку легованих сталей на блюмінгах виробляли за велике число проходів.

Проведення дослідженнями [29,30] було доведена помилковість режиму Рисих обтиснень. Насправді виявило, що багато нержавіючі сталі володіють пластичними властивостями, допускаються! Застосування підвищених и даже високих обтиснень, починаючи з дере проходів, (див заміна схем прокатки)

Дійсною причиною, що обмежує застосовувані обтиснень, є опір деформації прокочуються сталей. Для ряду легованих сталей воно є підвищеним. в зв'язку з чим обтиску треба вибирати так, щоб тиск металу на валки не перевищувало допустиме за умовами міцності обладнання діючих станів і потужності їх двигунів.

На Челябінському металургійному комбінаті [25] прокочують корозійностійкої сталі великими злитками масою 6,2 і 10,7т.

Для зменшення навантажень і отримання хорошої якості прокату (без рванина) на блюмінгу рекомендуються наступні способи:

1. Прокатка із злитка або блюма менших розмірів.
2. Зменшення подачі води для охолодження валків.

Доцільно при прокатці зливків нержавіючої сталі аустенітного класу. Витрата води скорочується на 60-70% Встановлено, що однією з причин утворення рванина в середній частині блюмінгів зі сталі 12X18H9T є несприятливі умови деформації при інтенсивному охолодженні валків водою. Прокатка деяких сталей ведеться на сухих валках.

Збільшення числа проходів (зменшення обтиску). Ця рекомендація носить обмежений характер в зв'язку з тим, що число проходів не повинно перевищувати 29-31, інакше відбувається вихід за межі температурного інтервалу прокатки і різко падає продуктивність прокатних станів.

При прокатці блюмінга нержавіючих сталей з підвищеними обтисканнями їх якість не тільки не погіршується, але, як це встановлено тепер, в ряді випадків значно підвищується (підвищується щільність центральної зони деформованого металу).

Тут прокочуються блямими 170х170, 190х190, 200х200 220х220 і 250х250 мм із злитків вагою переважно 2,6т. зі сталі X18H9T. Калібрування валків блямінга (діюча) приведена на рис. 1.38.

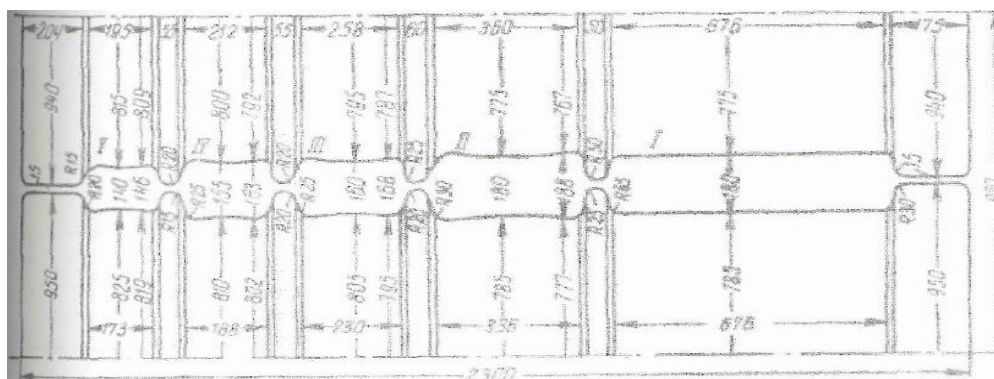


Рисунок 1.38 - Калібрування валків блюмінга (діюча).

У продовження багатьох років сталі типу Х18Н9Т проковували з обтисканнями, згідно зі схемою, наведеною в табл. 1.12. Блюм перетином 170х170 мм отримували з злитків вагою 2,6 т за 29 проходів при середньому абсолютному обтисненні за прохід 30 мм. Максимальна обтиснення за прохід при прокатці в І калібрі не перевищувало 50 мм в першому випадку і 40 мм у другому (див. Табл.1.1)

Таблиця 1.12 - Режим обтиснень при прокатці блюмінга із злитків вагою 2,6 т. Сталі X18H9T (за старою схемою)

Калібр	Номер прохода	Перетин смуги, мм		Обтиснення, мм
		висота	ширина	
1	0	540	540	
	1	500	545	40
	2	470	550	30
	3	510	475	40
	4	480	480	30
	5	450	485	30
	6	420	490	30
	7	455	425	35
	8	425	430	30
	9	395	435	30
	10	365	440	30
	11	335	445	30
	12	305	450	30
2	13	410	312	40
	14	370	320	40
	15	335	327	35
	16	305	335	30
	17	310	312	25
	18	280	320	30
	19	250	327	30
	20	220	335	30
3	21	295	227	40
	22	255	235	40
	23	215	245	40
4	24	180	255	35
5	25	215	190	40
	26	180	200	35
	27	180	185	20
	28	160	190	20
6	29	170	170	20

Основне завдання дослідження полягало в тому, щоб встановити, чи можливе застосування підвищених обтиснень при прокатці X18H9T сталі.

Результатом промислового експерименту стало впровадження нової схеми прокатки.

1.7 Зміна поверхневих дефектів під час прокатки трубної заготовки з корозійностійкої сталі

Якість круглих сортових профілів великого діаметра залежить від якості злитка, зокрема, від наявності на ньому дефектів (віспинами, свищів, підкіркових бульбашок). Виключити появу таких дефектів при розливанні високолегованих сталей електродугової виплавки вельми складно, а частина їх виникає на поверхні при прокатці. Тому трубну заготовку після прокатки піддають суцільний обдирання. Товщина видалення шару залежить від вихідної глибини дефектів і її зміни під час прокатки [31].

Навіть після досить глибокої обдирання на деяких штангах корозійностійкої сталі виявляють тріщини, часто розташовані по кінцях одного, а іноді двох сполучених діаметрів, які відповідають роз'єму і вершині чистового калібру. Розташування дефектів дозволяє припустити їх прокатне походження.

Таке розташування дефектів пояснюється дією напружень, що розтягують по вершині чистового калібру, що погіршує їх заліковування по вертикальному діаметру профілю. У той же час по кутах профілю (злитка) відбувається вихід нового металу на поверхню., Що зменшує глибину дефектів. В інших дослідженнях цю закономірність пояснюють «стягуванням» дефектів в роз'єми калібрів, а також звертають увагу, що інтенсивність зменшення глибини залягання дефектів їд залежить від положення дефекту на злитку, режиму обтиснень і кантівок, системи калібрування. Для дослідження закономірностей поведінки поверхневих дефектів типу западин і тріщин на стані 950 заводу «Дніпрспецсталь» провели дослідну прокатку зливків зі сталі 12X18H10T з штучними дефектами.

Злиток розмірами 610х610 мм по верхньому і 480х480 мм по нижньому підставі висотою 1640 мм і масою 3,6 т зачищали до повного видалення всіх ливарних дефектів. На підготовлений злиток наносили поверхневі дефекти за допомогою свердел зі стандартною заточкою. Свердління, які імітували западини, мали номінальний діаметр (d) 5, 10 і 20 мм і глибину (h) від 5 до 20 мм, а відношення d / h змінювалося від 0,5 до 4,0. Частина свердлінь мала нарізку під різьбу М24 для установки шпильок з штучними дефектами. У шпильках, виготовлених із сталей 12Х18Н10Т і ШХ15, робили прорізи шириною 3 мм, які імітували тріщини на зливку. При установці шпильок прорізи орієнтували уздовж або поперек напрямку прокатки. Глибину прорізів змінювали від 5 до 50 мм, шпильки з (прорізом 50 мм Риси повну висоту 60 мм, всі інші - 40

Штучні дефекти наносили в середній і нижній частині злитка по середині кожної грані (с), між серединою і ребрами (ч) і по кожному ребру (р). По довжині злитка дефекти припускали в дев'яти поперечних перетинах на відстані 100 - 120 мм. Дев'яте перетин знаходилося на відстані 150 мм від вузького торця злитка. Дефекти на двох суміжних гранях повністю повторювали для того, щоб зіставити формозміна, коли вони потрапляли в перших проходах до заготовки на контактні (к) або бічні (б) межі. Дефекти на кожному ребрі не повторювалися, що дозволило використовувати їх для ідентифікації після прокатки.

Підготовлений злиток нагрівали за звичайним режимом для холодних зливків корозійностійких аустенітних сталей і здійснювали прокат в коло діаметром 180 мм див. Таблицю (кантовку проводили в проходах 4, 10, 14, 16? 18, 20, 21, 22):

Отриманий профіль розтрошили на чотири штанги (А, В, С, Н) і після травлення ідентифікували все 105 штучних дефектів. Деякі дрібні дефекти діаметром і глибиною 5 мм, видимі на поверхні як тонкі тріщини, в поперечному перерізі Риси глибину менш 0,1-0,2 мм.

Таблиця 1.14 - Режим обтиснень при прокатці кола 180 мм

Номер калібра	Пропуск	Обтиснення мм	Уширення, мм	Висота профілю, мм	Ширина профілю, мм
Бочка 1				590	590
	1	30	0	560	590
	2	30	5	530	595
	3	30	5	500	600
	4	30	5	470	605
	5	50	5	555	475
	6	50	5	505	480
	7	50	10	455	490
	8	45	10	410	500
	9	45	10	365	510
	10	45	10	320	520
Ящичний 1	11	50	10	470	330
	12	50	10	420	340
	13	50	10	370	350
	14	50	10	320	360
	15	70	15	290	335
	16	70	10	220	345
Ящичний3	17	65	15	280	235
	18	50	15	230	250
	19	30	10	220	240
	20	28	5	192	245
Ящичний 4	21	33	10	212	202
Овал 2	22	34	17	168	229
Круг 2	23	47	14	182	182

У процесі прокатки все западини в злитка трансформувалися в прямі поздовжні тріщини (рис. 1.40, а, б, в, д). Шпильки, що розміщувалися в смугах с, набували форму тонких, загострених на передньому кінці овалів (рис. 1.40, а, б). В

смуги форма шпильок нагадувала прямокутний трикутник (Рис.1.40, б, в) через те, що метал її поверхневого шару розтягувався у напрямку прокатки і в міру входу шпильки в валки все більше зміщувався до середини межі, при цьому задня по ходу прокатки частина шпильки мала найбільшу розширення (Рис.1.41), шпильки на ребрах злитка перетворювалися в округлі витягнуті овали (Рис. 1.40, г). У всіх випадках свердління витягувалися і утворювали тріщини з передньої і задньої сторони шпильки (рис. 1.40, а-е)..

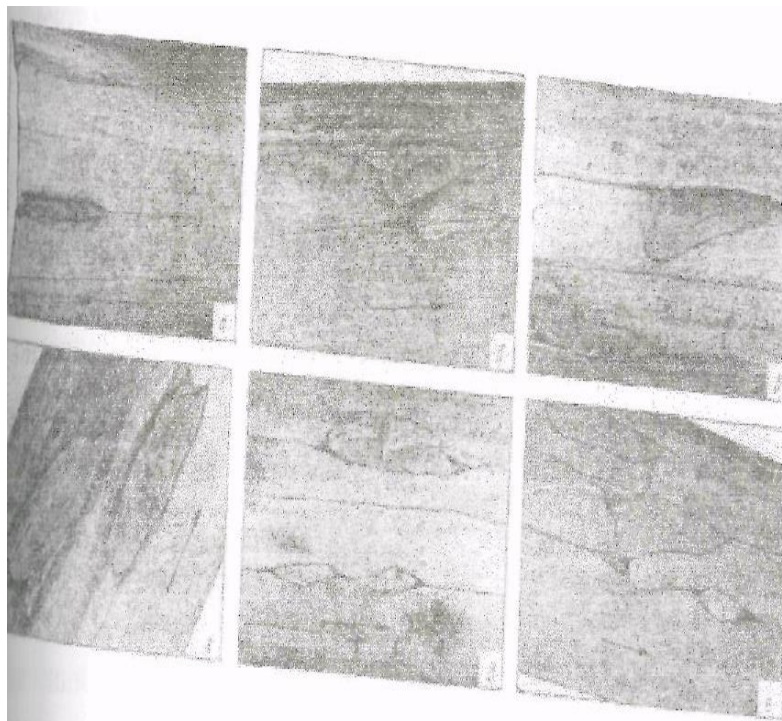


Рисунок 1.40-Поверхня досвідчених штанг

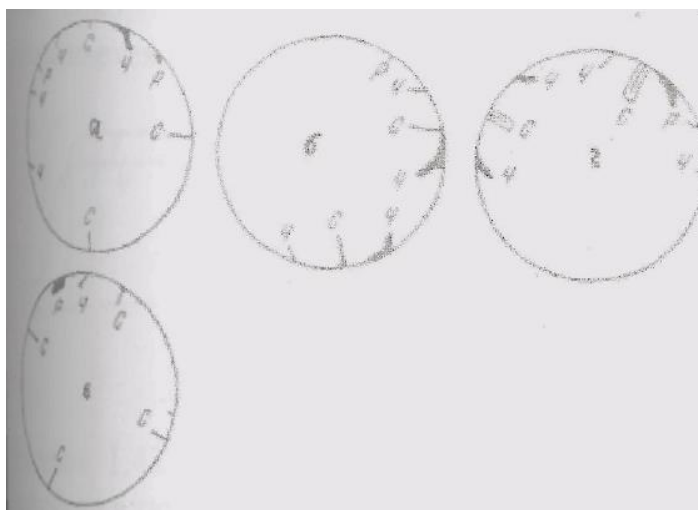


Рисунок 1.41-Поперечні перерізи досвідчених штанг; с, ч, р - дефекти з відповідних смуг; світлі шпильки зі сталі 12Х18Н10Т, темні зі сталі ШХ15.

Відмінності в формозміні дефектів в залежності від їх положення по ширині зливка чітко видно в поперечних перетинах сортового профілю (Рис. 1.41). Всі дефекти смуг мають прямолінійне радіальне розташування і найбільшу глибину, а дефекти смуг ч монотонно викривляються в сторону середини межі, їх глибина зменшується суттєво. Дефекти на ребрах злитка зменшуються в найбільшою мірою по глибині; тріщини часто мають кілька перегинів (Рис.1.41,а).

Відмінності в характері формозміни пояснюється, тим що при прокатці в ящикових, овальному та круглому калібрах смуги з кожного разу розташовуються або по середині калібру, або по роз'єму валків (Рис. 1.42). У першому випадку дефект знаходиться в перетині розділу течії, у другому - перетині, в напрямку якого відбувається розширення металу. У кожному разі немає причин для викривлення дефекту, а глибина його змінюється відповідно до зменшення або збільшення товщини поверхневих шарів, в яких він розміщується. Дефекти смуг ч виявляються кожного разу в шарах, що заповнюють вільні бічні області калібру в результаті тангенціального зміщення металу в напрямку роз'єму калібру (Рис. 1.41, а, б, г). Таке інтенсивне зміщення поверхневих шарів обумовлює помітне зменшення h_d , яке визначається як відстань від витоку дефекту до поверхні профілю. Дефекти на ребрах злитка постійно знаходяться в зоні розширення, але можуть потрапляти на краю контактної осі бічних поверхонь, через це глибина дефектів зменшується в найбільшою мірою (Рис.1.41,в,г).

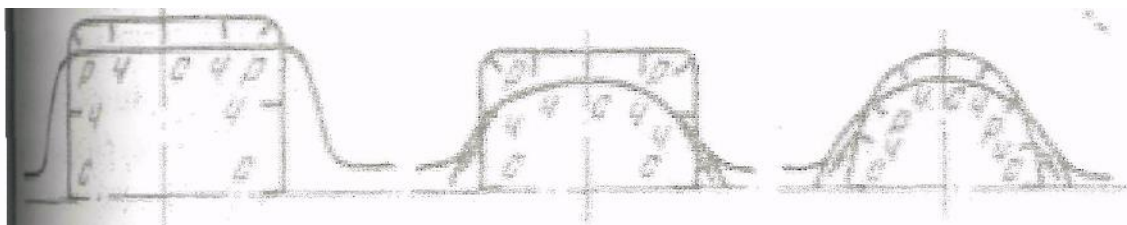


Рисунок 1.42- Схема течії металу і зміни положення дефектів в смугах с, ч, р в ящикових (а), овальному (б) і круглому (в) калібрах

У деяких випадках частина поверхневого шару шпильки зі смуги ч виявлялася поверх дефекту з середнього ряду, причому зрушений шар не завжди

був утиснений в основний метал (Рис. 1.39, б). Таке може статися тільки в роз'єм калібру і свідчить про те, що інтенсивне тангенціальне протягом відбувається в круглому і, очевидно, в овальному калібрах. Завдяки тангенціальному переміщенню шарів, в деяких умовах можливо практично повне зникнення поверхневих дефектів, з іншого боку, таке зміщення збільшує глибину дефектів, що потрапляють в роз'єми калібр.

На зміну величини h_d деякий вплив робить також положення дефекту по висоті злитка і на гранях до або б. Збільшення обтиску для дефектів смуг з і положення їх на гранях до зменшують величину h_d . Величина коефіцієнта зменшення глибини дефектів $k_y = h / h_d$ була наступною (с, ч, р - смуги; Н. д. - немає даних)::

	Штанга	с	ч	р
k_y	Б,С	3,30	4,50	12,5
	Н	2,83	Н.д.	6,4
h_d	Б,С	2,73	4,78	12,5
Н		2,30	Н.д.	6,4
k_{ymin}		2,30	4,50	6,4

Значення k_{ymin} дозволяють визначити допустиму глибину западин на злитку в залежності від прийнятої глибини обточування і пояснити появу дефектів (тріщин) по одному або двом сполученим діаметрами або за відомою максимальній глибині западини на зливку встановити необхідну глибину обточування. Огляд холодних зливків корозійностійких сталей показав, що більшість западин (бульбашок) має глибину до 10 мм, але приблизно у 5% з них глибина до 15 мм. Це і пояснює наявність тріщин після обточування (5 мм по радіусу) по одному діаметру на штангах Б і С з верхньої частини злитка і по двом сполученим діаметрами на штангах Н. Якщо вихідна глибина западини дорівнює 20 мм, то тріщини після обточування по двом сполученим діаметрами виявляються на всіх штангах. Розрахункова глибина дефектів (мм) на готовому сортовому профілі в смузі з (всі дефекти, розташовані ближче до ребер злитка, мають меншу глибину) в залежності від глибини і положення вихідної западини

по висоті і на суміжних гранях злитка зліва і праворуч від косою риси - на гранях в перших проходах і на гранях до і б відповідно) була наступною:

Вихідна глибина впадини, мм	Штанги Б и С	Штанга Н
10	3,0/3,7	3,5/4,3
15	4,5/5,5	5,3/6,5
20	6,0/7,3	7,1/6,7

Аналіз показує, що зменшення абсолютної вихідної величини заглиблень кілька збільшує коефіцієнт k_u , а зміна відносної глибини d / h фактично на нього не впливає.

Інтенсивність зменшення глибини прорізів в шпильках приблизно в 1,5 рази більше, ніж в западинах. Поздовжні прорізи в смугах з перетворюються в поздовжні тріщини (Рис. 1.40, б), а в смугах ч - викривляються відповідно до деформацією поверхневого шару шпильки (Рис. 1.40, г). поперечні прорізи в смугах з трансформуються в поздовжні тріщини з розривом поверхневого шару шпильки (Рис. 1.40, д, е), в смугах ч вони зберігають початкове положення (рис. 1.40, д, верхня). Роздвоєння вершин (Рис. 1.39, в) у деяких тріщин пояснюється механізмом заповнення глибоких западин основним металом.

Западини, виконані в шпильках зі сталі ШХ15, на поверхні металу трансформуються в поздовжні тріщини в смугах з (Рис. 1.40, а) або вигнуті в сторону середини межі в смугах ч (Рис. 1.40, в, г). Деякі тріщини виявилися забитими окалиною і зберегли округлу форму або вид рванина (Рис. 1.40, е, б), що може залежати від режиму нагріву.

Відносне зміна довжини западин $h_d - l_d / d$ (l_d - довжина тріщини, яка утворилася) не корелює ні з середнім коефіцієнтом витяжки злитка λ_{cp} , ні з коефіцієнтом витяжки поперечного перерізу зливка в місці розташування дефекту λ . У більшості випадків величина λ_d більше λ_{cp} і λ в 2 - 3 рази і тим істотніше, чим менше d . Для ребрових λ_d найбільше, для смуг з і ч розкид значень λ_d дуже великий: при $d = 3$ мм воно змінюється від 9 до 26, при $d = 20$ мм - від 4 до 16 при $\lambda_{cp} = 8,5$.

Заповнення вільних бічних зон круглого і овального калібрів відбувається в значній мірі внаслідок тангенціального зміщення поверхневих шарів бічної поверхні розкату в напрямку роз'єму валків, завдяки чому зменшується глибина розташованих в них поверхневих дефектів. При прокатці в ящикових, овальних і круглих калібрах поверхневі шари, відповідні серединам граней прямокутного злитка, завжди розташовуються по вершині (по середині) калібру, де їх зменшення по товщині мінімальне, або по його роз'єму, де вони товщають в результаті розширення; відповідно змінюється і глибина розташованих в цих шарах дефектів. Для зменшення глибини дефектів, розташованих по середині граней злитка, доцільно використовувати пару калібрів ромб - квадрат, в яких такі дефекти потрапляють в зону інтенсивного тангенціального течії поверхневих шарів.

Величину обточування по радіусу круглих профілів необхідно встановлювати з урахуванням того, що при прокатці з сумарною логарифмічною деформацією 2-3 в системі овал - коло глибина дефектів досягає 0,43 вихідної глибини дефектів, розташованих по середині граней злитка, в системі ромб - квадрат - овал - коло вона приблизно в 2 рази менше. Збільшення кантівок не применшує істотно глибину дефектів. Всі западини, що утворюють яких виходять на поверхню під прямим кутом або близьким до прямого, розкочуються в тріщини; | По довжині тріщини і коефіцієнту витяжки можна судити про вихідної протяжності западини. Глибина залягання і повна довжина тріщини в поперечно перетині гуркоту на обтискних ділянках зменшується, а на уширяється може збільшуватися тріщини не викликають руйнування металу. Збільшення розширення погіршує прокатуваність дефектів через більшого заглиблення тріщин, що потрапляють в зону роз'єму калібрів. Розташування дефектів по кінцях одного або двох сполучених діаметрів на обточеній круглій заготовці не завжди є ознакою їх прокатного походження.

2 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Коротка технічна характеристика стану "1050/950" (дв. ЗНТУ.043145.001 ПС)

2.1.1 Призначення і сортамент стану

Стан складається з двох лінійно розташованих клітей - обтискний і заготівельний, характеристики яких наведені в табл. 2.1.

Сортамент стану - квадрати зі стороною 98....350 мм, електроди для ЕШП-квадрати зі стороною 240 мм, кола діаметром 130....300 мм вуглецевих, легованих і високолегованих сталей спеціального призначення, які потребують особливого режиму нагріву, прокатки і додаткової обробки готової продукції та заготівлі. Стан катає злитки, передані в прокатний цех як в гарячому, так і в холодним стані. Розміри злитків наведені в таблицях 2.2, 2.3.

Таблиця 2.1 -Характеристика робочих клітей и привода стана 1050/950»

Кліть	Діаметр бочки валків мм	Довжина бочки мм	Діаметр шийки мм	Головний двигун				
				Тип двигуна	Швидкість прокатки м/с	Потужність кВт	Число обертів в хв	
							норм	макс
Обти- скна	1050	2250	640	П-2- 22/1503- 55УХЛ4	1-4.5	2x3550	45	90
Заготі- вельна	950	2350	600	П-22- 1259К	1-5.5	2x3300	60	120

Таблиця 2.2 - Розміри злитків ОДВ (по виливниці)

Вага, т	Верхній перетин, мм	Нижній перетин, мм	Висота (без прибутку), мм
	590x590	470x470	1640
	650x650	540x540	1610
	660x660	540x540	1755
	730x660	615x535	1925
	725x725	585x585	1950
	720x720	610x610	2205

Таблиця 2.3 - Размеры слитков ВДП и ЭШП

Вага, т	Верхній перетин, мм	Нижній перетин, мм	Середній перетин, мм	Висота (без прибутку), мм
3,5	кр.500	кр.500		2600
3,75	кр.630	кр.630		2600
4,5	325x325	370x370	кв. 350	1960
6,2	380x380	440x440	кв. 415	2069
4,0	480x480	540x540	кв 500	2450
4,0	550x550	590x590	кв 565	2100

2.1. Приймальний ділянку

Злитковоз - призначений для транспортування злитків від нагрівальних колодязів до приймального рольгангу і для укладки злитків на приймальний рольганг.

Злитковоз складається з двох механізмів: механізму пересування і механізму перекидання люльки.

Швидкість пересування злитковоза до 5,86 м/с, швидкість підходу злитковоза до упору - 0,4 м/с. Час перекидання люльки 3,0-3,5 с.

Приймальний рольганг - призначений для приймання злитків від злитковоза і подачі його до поворотного столу. Приймальний рольганг складається з 10

секцій, по 3 кованих ролика в кожній секції. Загальна довжина приймального рольганга до поворотного столу 17400 мм,

Поворотний стіл - призначений для повороту злитків на 180° в горизонтальній площині і напрямки злитків в кліть донною частиною і розташований на відстані 39500 мм до табору. Поворотний стіл являє собою поворотну платформу діаметром 900 мм складається з 2-х механізмів: механізму повороту, і рольганга, час розвороту на 180° - 4.5 с

Транспортний рольганг призначений для транспортування злитків і розташований за поворотним столом; складається з 12-ти секцій (по 3 шт.) пустотілих роликів. довжина рольганга 12x1765-21180 мм.

2.2 Ділянка робочих клітей

Підвідний рольганг - призначений для передачі злитків транспортного рольганга на робочий і є продовженням робочого рольганга перед кліттю. Довжина підводить рольгангу 960мм.

Робочі рольганги і станини ролики обтискної кліті розташовані з передньої і задньої сторін кліті і служать для завдання гуркоту (зливка) в валки і прийому їх з валків. Передній робочий рольганг складається з 8 цільнокованих роликів з кроком 650 мм. Задній робочий рольганг має 8 роликів. Окружна швидкість роликів 1-3,5 м / с.

Станини ролики по 2 ролика з кожного боку розташовані безпосередньо в станинах кліті.

Маніпулятор з кантователем обтискної кліті.

Маніпулятор призначений для направлення гуркоту з калібру в калібр і редагування гуркоту. Кантователь призначений для кантування на 90° злитків (гуркоту).

Технічна характеристика маніпулятора

1.Тип приводу лінійок

електричний;

2.Довжина лінійок мм	5465;
3.МаксРисьний робочий розчин, мм	2100;
4.МаксРисьное зусилля правки, кН	400;
5.Робочий хід лінійок правих мм	1800;
лівих, мм	1950;
6.Швидкість пересування лінійок м/с	0,6-1,2;
7.Высота лінійок правих мм	730;
лівих мм	880;
8.Тип кантователя- крюкової з кривошипно-рейковим приводом;	
9. Кількість кантувальних крюків, шт.	4
10Вертикальний підйомно-кантувальних	
крюків, мм	860;
11.Число підйомів крюків за хвилину	5.

2.4 Обтискна робоча кліть

Кліть складається з двох станин закритого типу. Робочі валки виготовлені зі сталі 60ХН. Діаметр нових робочих валків становить 1050 мм, мінімальний діаметр переточених валків - 970 мм.

Робочі валки (див. ЗНТУ.043145.002), довжина бочки яких дорівнює 1250 мм, мають шийки діаметром 640 мм і спираються на підшипники з текстолітовими вкладишами охолоджуються водою. Найбільше зусилля прокатки складає 18500 кН максимальна швидкість прокатки - 4,5 м / с. Привід індивідуальний від двох електродвигунів потужністю 3550 кВт кожний. Розчин валків змінюється в межах 10 ... 800 мм. Вертикальну установку верхнього валка виробляють натискним пристроєм зі швидкістю 200 мм / с. Урівноваження верхнього валка виробляють системою гідравліки. Виїмку з кліті комплекту

валків з подушками і установку в кліть нового комплекту виробляють за допомогою механізму заміни валків обтискний кліті

2.5 Заготовочна кліть - двухволкова реверсивна.

Швидкість прокатки на заготовочній кліті до 5,5 м / с. Валки виготовлені зі сталі 60ХН, шийки валків обертаються в текстолітових підшипниках (см.ЗНТУ.043045.003). Для змащення і охолодження шийок валків до текстолітовими вкладишів підведена вода, а також проводиться подача густого змазування для запобігання шийок валків від корозії.

Установку верхнього валка виробляють натискним пристроєм. Максимальна висота підйому верхнього валка 200 мм зі швидкістю 5,95 мм / с. Урівноваження верхнього валка гідравлічне, кліть має станини відкритого типу, перевалка валків здійснюється касетою за допомогою крана. Налаштування валків виробляється безпосередньо в кліті.

Підпільні кантователі розташовані під підйомними столами з передньої і задньої сторони заготовочної кліті і призначені для кантування розкату перед завданням в калібр на 45 ° або 90 °, а також для переміщення гуркоти від одного калібру до іншого.

2.6 Аналіз недоліків заводської технології.

Технологія прокатки кіл діаметром 230-265 мм з нержавіючої сталі типу Х18Н10Т на блюмінгу ВАТ «Дніпрспецсталь» розроблялася з урахуванням результатів досвідчених прокаток кіл діаметром 265 мм на першій кліті стану за технологією заводу і виявлених при цьому її недоліків. Заводське калібрування валків кліті 1050 для прокатки кіл діаметром 265 мм ведена на аркуші ЗНТУ .043145.004 ВО.

Метою розробки нової технології було підвищення стабільності процесу прокатки, усунення скручування гуркотів і отримання правильної геометрії профілю.

В результаті проведеної роботи виконано аналіз причин нестабільності процесу прокатки і розроблені заходи щодо їх усунення.

Основними недоліками технології є:

- недостатньо рівномірний нагрів зливків, обумовлений конструкцією нагрівальних колодязів блюмінга;
- нераціональний режим обтиснень і нерівномірне заповнення калібрів металом, викликані конструкцією існуючих ящиків і овального калібру;
- слабе самоцентрування гуркотів в овальному та круглому калібрі, що приводить до втрати стійкості і звалювання гуркоту в процесі прокатки з невиконанням висоти профілю і утворенням значних лампасів по ширині, тобто невиконання геометрії профілю;
- нерівність діаметрів верхнього і нижнього валків, яка обумовлює асиметрію процесу прокатки;
- низький рівень установки нижнього валка, що призводить до асиметрії обтиснень з боку верхнього і нижнього валків і створює додатковий перекидаючий момент;
- відсутність необхідної для прокатки кіл привалкової арматури;
- труднощі утримання гуркотів лінійками кантователя і ін.

Для реалізації нової технології необхідно:

1.Прізводіть кантування зливків навколо осі на 180° при нагріванні в колодязях для здійснення більш рівномірного прогріву металу по перетину.

2.Прокатку кіл 230 - 265 мм можна здійснювати за двома варіантами:

варіант 1 - з видачою готового прокату з першої кліті;

варіант 2 - з видачою готового прокату з другої кліті.

2.7 Технологія прокатки прутка з круглим перерізом 265 мм з видачею готового прокату в першій кліті (варіант 1)

Для реалізації цієї технології необхідно:

Скорегувати калібрування валків відповідно до лист ЗНТУ.043145.005ВО.

Калібр 2 (Планшетний або плоский овал):

- збільшити глибину вирізу калібру з 88 до 120 мм;
- зменшити ширину дна калібру з 310 до 304 мм;
- радіус заокруглення дна калібру збільшити з 35 до] 40 мм;
- ліквідувати опуклість дна калібру;

За Загальну висота калібру при зазорі 14 мм Прийняти 254 мм.

Дане коректування дозволить усунути скручування розкату в овальному (радісно) калібрі 39 забезпечити стабільне наповнення цього овалу металом по ширині калібру.

Конструкція калібру 2 виконана таким чином, що його можна використовувати і в якості предчистового плоского овальної калібру в варіанті прокатки без застосування радіусного овального калібру 3. Можливість такої схеми прокатки можливою завдяки тому, що радіус заокруглення дна калібру прийнятий рівним радіусу обриси чистового кола, тобто . 140 мм. При такій схемі прокатки ступінь заповнення металом калібру 2 повинна бути знайдена експериментально, виходячи з оптиРисьної величини обтиску в чистовому колі, при якому запобігається втрата стійкості розкату в круглому калібрі

Калібр 3 (овальний радісний);

- збільшити глибину вирізу калібру зі 118 до 121 мм;
- загальну висоту калібру при зазорі 14 мм прийняти 256 мм;
- радіус заокруглення овалу прийняти рівним радіусу обриси чистового кола - 140 мм;
- ширина горизонтальної площадки прийняти 142 мм.

Для підвищення стійкості овального розкату в чистовому круглому калібрі ширина предчистового овального калібру повинна бути оптиРисьною (обтиснення у колі повинно бути мініРисьним). На жаль зменшити ширину предчистового калібру 3 НЕ заставляється можливим, так як ширина вже існуючого калібру 3 складає 348 мм і він не підлягає відновленню при переточуванні валків

Проте пропонована коригування конструкції калібру 2 повинна забезпечити більш стійке положення овалу в круглому калібрі за рахунок зменшення перекидаючого моменту.

Калібр 4 (круглий):

- обрис калібру виконати радіусом 140 мм зі зміщенням центру щодо вертикалі на 6 мм;
- загальну висоту калібру при зазорі 18 мм прийняти 280 мм;
- на кожному валку в секторі 74° виконати по 25 трикутних канавок глибиною 2.5 мм.

Дане коректування також дозволить забезпечити більш стійке положення овалу в круглому калібрі за рахунок зменшення обтиску в колі, зміни співвідношення діаметрів кола і створення умов перешкоджають скручування овалу в колі.

Виключити нижнє «тиск» в калібрах 2, 3 і 4, забезпечивши рівність катають діаметрів нижнього і верхнього валків (див. Прикладену калібрування валків), що дозволить виключити небажану асиметрію деформацій в калібрах.

Скоротити кількість проходів при прокатці і виключити холості проходи. Режим обтиснень прийняти відповідно до вказівок схемою.

Нижній валок встановлюється таким чином, щоб дно круглого калібру знаходилося на 45 - 50 мм вище рівня станини ролика. На задній стороні кліті лінійки маніпулятора розсунути на 10 мм. На передній стороні кліті знімні шкарпетки лінійок маніпулятора максиРисьно подовжити в сторону зіву валків і зменшити скіс шкарпеток з 300 до 150 мм. Цей захід має істотно поліпшити утримання овалу лінійками і буде перешкоджати скручування овалу в колі.

Для прокатки кіл за новою калібрування були розроблені кілька режимів обтиснень для злитків масою 3.69 і 4.36 т. Режими обтиснень наведені в табл. 2.4 - табл. 2.5.

Режим обтиснень злитка 4.36 т для прокатки кіл діаметром 265 мм з використанням предчистового радіусного овалу (калібр 3) наведено в табл. 2.4. З цього режиму злиток прокочується на 265 мм за 19 проходів з 7 кантування. Деформація злитка спочатку здійснюється в калібрі 1 (гладка бочка). Кантовку роблять через кожні два проходи з обтисканнями 40-50 мм для отримання після восьмого проходу перетину розкату 500x500 мм. Потім за чотири проходу без кантовок отримують прямокутний перетин 320x535 мм (обтиснення за пропуск 50-40 мм). Гуркіт перетином 320x535 мм кантують і задають в калібр 2, де за чотири проходу (обтиснення за пропуск 55-50 мм) без кантовок перекочують на перетин 320x360 мм, яке після кантування задають в овальний радісний калібр 3. У цьому калібрі за два проходи (обтиску 55 і 60 мм) отримують плоский овал перетином 255x340 мм.

Таблиця 2.4 - Режим обтиснень злитка 4.36 т для прокатки кіл діаметром 265 мм з використанням предчистової радіусного овалу.

Номер калібра	Номер пропуску	Показання стрілок, мм	Обтиснення, Δh мм	Уширення Δb , мм	Висота Н, мм	Ширина В, мм
1					650	650
	1	450	40	5	610	655
	2	410	40	5	570	660
	Кантування					
	3	455	45	5	615	575
	4	410	45	5	570	580
	Кантування					
	5	370	50	10	530	580
	6	320	50	10	480	590
	Кантування					
	7	385	45	10	545	490
		340	45	10	500	500

Продовження

	Кантування					
	9	290	50	10	450	510
	10	240	50	10	400	520
	11	200	40	8	360	528
	12	160	30	7	320	535
2	Кантування					
	13	226	55	10	480	330
	14	171	55	10	425	340
	15	116	55	10	370	350
	16	66	50	10	320	360
3	Кантування					
	17овап	49	55	10	305	330
	18овал	4	51	10	254	340
4	19круг	-6	70	14	270 (274)	268

Овальний гуркіт кантується і задається в круглий калібр 4 спеціальної форми. Від традиційних круглих калібрів він відрізняється більшою висотою, двохрадіусним обрисом контуру і наявністю трикутних канавок в секторі 74° симетричному щодо вертикальній осі. Така форма калібру дозволяє створити умови для самоцентрування овального розкату в круглому калібрі і значно збільшити його стійкість.

Режим обтиснень злитка 3.69 т для прокатки кіл діаметром 265 мм з використанням предчистового радіусного овалу (калібр 3) введено в табл. 2.5. З цього режиму злиток прокочується на коло 265 мм за 15 проходів з 5 кантування. Деформація злитка спочатку здійснюється в калібрі 1 (гладка бочка). Кантовку здійснюють спочатку через кожні два, а потім через чотири проходу з обтисканнями 45 - 50 мм до отримання після восьмого проходу перетину розкату 520 - 535 мм. Потім режим обтиснень такий же як і при прокатці злитка масою 4.36.

Таблиця 2.5 Режим обтиснень злитка 3.69 т для прокатки кіл діаметром 265 мм з використанням предчистового радіусного овалу

Номер калібра	Номер пропуска	Показання стрілок, мм	Обтиснення Δh , мм	Уширення Δb , мм	Висота H, мм	Ширина B, мм
1					590	590
	1	390	40	0	550	590
	2	355	35	5	515	595
	Кантування					
	3	385	50	0	545	515
	4	335	50	5	495	520
	Кантування					
	5	310	50	10	470	505
	6	260	50	10	420	515
	7	210	50	10	370	525
	8	160	50	10	320	535
	Кантування					
2	9	226	55	10	480	330
	10	171	55	10	425	340
	11	116	55	10	370	350
	12	66	50	10	320	360
	Кантування					
3	13 овал	49	33	10	305	330
	14 овал	-2	51	10	254	340
	Кантування					
4	15 круг	-6	70	14	270{274}	268

У табл. 2.4 і табл. 2.5 наведені варіанти режимів обтиснень при прокатці кіл 265 мм з використанням предчистового овального радіусного калібру 3.

Калібруванням валків передбачений також варіант прокатки за схемою: гладка бочка - плоский овал (калібр 2) - коло (калібр 4).

Режим обтиснень для злитка 4.36 т при такій схемі прокатки наведено в табл. 2.6. На відміну від режиму обтиснень наведеного в табл. 2.4 в даному варіанті проходи 17 і 18 здійснюються в калібрі 2. Обтиснення в колі складе 70 мм. тобто таке ж як в попередньому варіанті. З огляду на форму плоского овалу розрахункове розширення в чистовому колі збільшиться до 18 мм.

Таблиця 2.6 - Режим обтиснень злитка 4.36 т для прокатки кіл діаметром 265 мм з використанням предчистового плоского овалу (Варіант1)

Номер калібру	Номер пропуску	Показання стрілок,мм	Обтиснення Δh мм	Уширення Δb ,мм	Висота Н, мм	Ширина В, мм
1					650	650
	1	450	40	5	610	655
	2	410	40	5	570	660
	3	455	45	5	615	575
	4	410	45	5	570	580
	Кантування					
	5	370	50	10	530	580
	6	320	50	10	480	590
	Кантування					
	7	385	45	10	545	490
	8	340	45	10	500	500
	Кантування					
2	9	290	50	10	450	510
	10	240	50	10	400	520
	11	200	40	8	360	528
	12	360	30	7	320	535
	Кантування					
3	13	226	55	10	480	330
	14	171	55	Ю	425	340
	15	116	55	10	370	350
	16	66	50	10	320	340
	Кантування					
	17овал	49	57	10	303	330
	18 овал	-4	53	10	250	340
	Кантування					
4	19круг	-6	70	18	270(274)	268

З метою зменшення обтиснень в чистовому колі при використанні предчистового плоского овалу (калібр 2) заводські калібрувальник запропонували режим обтиснень наведений в табл. 2.7. З цього режиму плющення злитка масою 4.36 т проводиться за 25 проходів з 10 кантування.

Таблиця 2.7 - Режим обтиснень злитка 4.36 т для прокатки кіл діаметром 265 мм з використанням предчистового плоского овалу (варіант 2)

Номер калібру	Номер пропуска	Показання стрілок, мм	Обтиснення Δh , мм	Уширення Δb , мм	Висота Н, мм	Ширина В, мм
1					650	650
	1	455	35	0	615	650
	2	420	35	5	580	655
	3	385	35	5	545	660
	4	350	35	5	510	665
	Кантування					
	5	460	45	5	620	515
	6	415	45	5	575	520
	7	370	45	5	530	525
	8	330	40	5	490	530
	Кантування					
	9	315	55	15	475	505
	10	260	55	15	420	520
	Кантування					
2	11	310	50	10	470	430
	12	260	50	10	420	440
	Кантування					
	13	225	55	10	385	430
	14	170	55	10	330	440
	15	136	50	10	390	340
	16	Холостий				
	17	150	30	10	310	400
	18	Холостий				
3	19	101	45	10	355	320
	20	61	40	10	315	330
	Кантування					
	21	31	45	10	285	325

Продовження

	22	Холостий				
	Кантування					
	23	36	35	10	290	295
	24	6	30	5	260	300
	Кантування					
4	25	6	30	8	270	268

2.2.3 Технологія прокатки прутка з круглим перерізом 265 мм з видачею готового прокату з другої кліті (варіант 2)

За цією технологією на другий кліті 950 блюмінга розташовується два додаткових калібру - предчистовий овал (калібр 5) і чистової коло (калібр 6) (див. ЗНТУ.043145.006 ВО).

Для зменшення навантажень на кліть 2 обтиску в овалі і круга прийняті мінімальними. Максимальна по ширині калібру обтиснення в овалі 10 мм, в колі 35 мм.

При прокатці кіл за цим варіантом з першої кліті на другу передається гуркіт 270х300 мм, одержуваний з круглого калібру 4. У цьому випадку круглий калібр кліті 1 використовується як ребровий для контролю ширини розкату, що задається в предчистовий овал кліті 2. Крім того, за рахунок ребрового обтиску в круглому калібрі кліті 1 представляється можливим зменшити деформацію в круглому калібрі 6 на кліті 2.

Таблиця 2.8 - Режим обтиснень кола діаметром 265 мм на стані 1050 (клеть1)

Номер калібра	Номер пропуски	Обтиснення Δh мм	Уширення Δb, мм	Висота Н,мм	Ширина В, мм
1				650	650
	1	60	10	590	660

Продовження

	2	60	10	530	670
	Кантування				
	3	60	10	610	540
	4	60	10	550	550
	Кантування				
	5	50	10	500	560
	6	50	10	450	570
	Кантування				
	7	55	10	515	460
	8	55	10	460	470
	Кантування				
	9	60	10	410	470
	10	50	10	360	480
	11	40	10	320	490
	12	Холостий			
2	13	50	10	440	330
	14	50	10	390	340
	15	40	5	350	345
	16	30	5	320	350
	Кантування				
3	17	50	10	300	330
	18 овал	35	5	265	335
	Кантування				
4	19 круг	35	5	300	270

Таблиця 2.9 - Режим обтиснень кола діаметром 265 мм на стані 950 (клеть2)

Номер калібра	Номер пропуска	Обтиснення Δh мм	Уширення Δb , мм	Висота Н, мм	Ширина В, мм
5 овал				270	300
	1	10	3	260	303
	Кантування				
6 круг	2	35	8	268	268

Для прокатки кіл 265 мм за цим варіантом технології для кліті 2 в якості привалкової арматури слід використовувати обвідну коробку з пропусками для утримання предчистового овалу в круглому калібрі.

1.2.4 Технологія прокатки прутка круглого перерізу 230 мм з видачою готового прокату з другої кліті

Технологія передбачає з метою скорочення загальних витрат на освоєння та виробництво кола 230 мм використання калібрування валків кліті 1 для прокатки кола 265 мм.

Таблиця 2.10- Режим обтиснень кола діаметром 230мм на стані 950 (кліть 2)

Номер калібра	Номер пропуски	Обтиснення, Δh мм	Уширення Δb , мм	Висота Н,мм	Ширина В, мм
5 овал				270	270
	1	47	10	223	285
	Кантування				
6 круг	2	52	10	233	233

Як підкату для кліті 2 використовується коло діаметром 200 мм. Прокатка в кліті 2 здійснюється за два проходи в овальному (калібр 7) та круглому (калібр 8) калібрах (див. ЗНТУ043145.006 ВО). Для прокатки прутка діаметром 230 мм за цим варіантом технології на кліті 2 в якості привалкової арматури також слід використовувати вступну коробку з пропусками для утримання предчистового овалу в круглому калібрі.

2.2.5 Визначення завантаження обладнання головної лінії блюмінга по енергосилових параметрів прокатки з використанням САПР ТП

Розрахунок температурно-швидкісних і енергосилових параметрів прокатки за новою технологією проводився за розробленою УкрНДІмет методикою.

Параметри швидкісного режиму в клітях розраховувалися за алгоритмом В.С. Медведєва, з урахуванням типу стану, характеристик основного і допоміжного обладнання і розробленого режиму обтиснень. У розрахунку прийняті збільшені паузи між проходами (час пауз на кантування і передачу гуркотів з калібру в калібр і між клітями було збільшено, з урахуванням можливих задержань відпрацювання нової технології) і мінімальні пластичні цикли прокатки, з урахуванням здійснення всіх допоміжних технологічних операцій на окремих щаблях технологічного процесу.

Розрахунок швидкісного режиму в реверсивних клітях виконується за методикою В. А. Тягунова

В основу алгоритму розрахунку оптимального режиму прокатки на реверсивної кліті покладені мінімально необхідні паузи між проходами, які визначаються швидкістю роботи допоміжних механізмів. Швидкості захоплення і викиду розраховуються по паузі між проходами, а максимальна швидкість - з умови мінімуму машинного часу. Така методика дозволяє розраховувати мінімальний цикл відразу ж, а не шляхом послідовного наближення. Для забезпечення ритмічної роботи стану дотримується "потрійне умова": час роботи натискного пристрою, робочих рольгангів і час реверсування валків повинні бути рівні один одному. виконання цієї умови забезпечує мінімальний цикл прокатки і максимальну продуктивність реверсивної кліті.

При розрахунку паузи між проходами були збільшені, з урахуванням недостатньо освоєної технології прокатки кіл на стані.

Температурний режим прокатки розраховується з урахуванням всіх складових теплового балансу розкату за методикою В.С. Медведєва.

Температури металу в даному проході визначається за такою формулою

$$t_1 = t_{i-1} - \Delta T_{\text{ш}} m - \Delta T_{\text{и}} + \Delta T_{\text{д1}} \quad (2.1)$$

де: $\Delta T_{\text{ш}}$ - зниження температури металу на повітрі між двома сусідніми проходами за рахунок теплового випромінювання;

$\Delta T_{\text{и}}$ - зниження температури металу при зіткненні з робочими валками;

$\Delta T_{\text{д1}}$ - підвищення температури металу внаслідок перетворення роботи пластичної деформації в теплову енергію;

m - коефіцієнт, що враховує втрати тепла при вільному конвективному теплообміні.

$$I \quad m = 1,08 + 0,00023 \cdot (1200 - t_{i-1}) \quad (2.2)$$

$$\Delta T_{\text{ш}} = ((t_{i-1} + 273) - 1000) / (1000 / (t_{i-1} + 273) + 0,00544 (\varepsilon \cdot \Pi_{i-1} / c \cdot F_{i-1})^{1/2}) \cdot \psi_{\text{и}}; \quad (2.3)$$

$$\Delta T_{\text{и}} = 0,53 \cdot (t_{i-1} - 80) / (h_{\text{с}} \cdot B_{\text{с}}) \cdot \Pi_{\text{с}} (((V+1) \Gamma_{\text{д}})^{1/4} - 0,0934) - (\Gamma_{\text{д}})^{1/2}; \quad (2.4)$$

$$\Delta T_{\text{д1}} = [(0,616/c) \cdot (h_{i-1} - h_i) / (h_{i-1} + h_i)] \cdot P_{\text{ср}}, \quad (2.5)$$

де: ε - ступінь чорноти сталі;

c - питома теплоємність сталі при температурі прокатки, ккал / кг * град;

Примітка: При викривленні гуркоту в перших проходах в калібрі 2 після проходу 16 також слід ввести пропасовуйте прохід.

Таблиця 2.16-Режим обтиснень злитка 3.69 т для прокатки кіл діаметром 265мм на кліті 1050 з використанням предчистової плоского овалу калібру 2 (рекомендований варіант за результатами другої дослідної прокатці) (див. ЗНТУ.711546.001 ТЧ)

Номер калібру	Номер пропуск	Показання стрілок, мм	Обтиснення Δh , мм	Уширення Δb , мм	Висота Н, мм	Ширина В, мм
1	а				590	590
	1	350	40	5	550	595
	2	315	35	5	515	600
	Кантування					

Продовження

	3	345	55	5	145	520
	4	295	50	55	495	525
	Кантування					
	5	285	40	10	485	505
	6	245	40	10	445	515
	Кантування					
	7	270	45	10	470	455
	8	220	50	10	420	465
	9	170	50	10	370	475
	10	120	50	10	320	485
2	Кантування					
	11	180	51	10	434	330
	12	115	60	10	369	340
	13	55	60	10	309	350
	14	55	0	0	309	350
3	Кантування					
	15	25	71	16	279	325
	16	25	0	0	1279	325
	Кантування					
	17	5	66	21	259	300
	18	5	0	0	259	300
4	Кантування					
	19	-5	29	9	271	268

Таблиця 2.17 - Режим обтиснень злитка 4.36 т для прокатки кіл метром 265 мм на кліті 1050 з використанням предчистова плоского овалу калібру 2 (рекомендований варіант за результатами другої дослідної прокатки)

Номер калібру	Номер пропуску	Показання стрілок, мм	Обтиснення Δh , мм	Уширення Δb , мм	Висота Н, мм	Ширина В, мм
1					650	650
	1	410	40	5	610	655
	2	370	40	5	570	660
	Кантування					
	3	415	45	5	615	575

Продовження

	4	370	45	5	570	580
	Кантування					
	5	340	40	10	540	580
	6	300	40	10	500	590
	Кантування					
	7	345	45	10	545	510
	8	295	50	10	495	520
	9	285	35	10	485	505
	10	245	40	10	445	515
	Кантування					
	11	270	45	10	470	455
	12	220	50	10	420	465
	13	170	50	10	370	475
	14	120	50	10	320	485
	Кантування					
2	15	180	51	10	429	330
	16	115	60	10	369	340
	17	55	60	10	309	350
	18	55	0	0	309	350
	Кантування					
	19	25	71	16	279	325
	20	25	0	0	279	325
	Кантування					
	21	5	66	21	259	300
	22	5	0	0	259	300
	Кантування					
4	23	-5	29	9	271	268

При прокатці нержавіючої сталі мали місце окремі удари злитків на станини ролики. Це пов'язано з тим, що валки підняті щодо рівня рольганга для запобігання вигину гуркотів в чистовому круглому калібрі, а також з вигином гуркотів при прокатці на гладкій бочці з-за нерівномірного нагрівання металу по перетину злитка і великим охолодженням межі злитка лежить на рольгангі при його транспортуванні від колодязів до стану. Для зменшення навантажень на станини ролики рекомендується, по-перше зменшити на 40 мм катають діаметри

валків на гладкій бочці, збільшивши при цьому висоту калібру 1 до 200 мм, а по-друге здійснювати кантовку на 180° злитків перед першим проходом.

У процесі дослідної прокатки через вигину гуркотів при стисненні на гладкій бочці і в калібрі 2 доводилося правити гуркіт на передній стороні кліті маніпуляторними лінійками. При цьому Риси місце великі динамічні навантаження на всю конструкцію маніпулятора.

На задній стороні кліті під час прокатки розкатів в напрямку «на пост» через те, що оператори затискали гуркіт лінійками, виникали осьові навантаження на раму секції рольганга (навантаження на раму передаються через напрямні та рейки маніпуляторних лінійок).

Для зменшення навантажень на кантувач-маніпулятор рекомендується звести до мінімуму правку гуркотів лінійками на передній стороні кліті. З цією метою в режим обтиснень введені два, а при необхідності і три, пропрасовуйте (калібрують) проходу в калібрі 2 (дв.табл. 2.14 і 2,17) призначених дня виправлення кривизни гуркотів.

Для зменшення навантажень на раму рольганга на задній стороні кліті операторам блюмінга слід не затискати гуркіт лінійками при прокатці в напрямку «на пост». Лінійка повинні бути кілька розсунуті відразу ж після направлення гуркоту в калібр і захоплення металу валками,

Після прокатки в першій кліті на прес ножицях від круглих гуркотів відрізають передній і задній кінці. При цьому кінці розкату роздавлюються ножами приблизно на 25мм. Ширина гуркоту в місці розчавити становить приблизно 295 мм. При використанні таких розкатів для подальшої перекочування на кліті 1 на коло діаметром 230 мм за розробленою вище (табл. 2.10) технології ширину предчистовая овалу необхідно збільшити до 200мм.

В результаті ультразвукового контролю в прокаті виявили шлюб в 83%. Металографічним дослідженням дефектної частини було встановлено, що дефект, виявлений при УЗК, являє осьову пористість злитка, що не заварити при деформації (дв. ЗНТУ .470000.004) .В колах 230 мм осьової пористості не виявлено.

У перспективі з метою поліпшення макроструктури металу в готовій продукції, скорочення витратного коефіцієнта, підвищення продуктивності блюмінга і зниження собівартості прокату рекомендуємо провести роботу по розробці і впровадженню технології прокатки на блюмінгу кіл великих розмірів із злитків великої маси (6,7 тонн).

2.3 Рекомендації по прокатці прутка круглого перерізу діаметром 230,265мм нержавіючої сталі

1.Звузити інтервал по хімічного складу для виплавки сталі з задовільною пластичністю (див. Рис. 1.3).

2.Нагрівання злитків з нержавіючої сталі в колодязях повинен забезпечити максимально можливу рівномірність розподілу температури металу по перетину злитка. Обов'язкова кантовка злитків в колодязях на 180 ° за годину до їх видачі. Різниця в температурі нагріву прокочується партії злитків повинна бути мінімальною.

3.Прокатку кіл діаметром 265 мм з нержавіючої сталі на кліті 1050 необхідно здійснювати за розробленою калібрування валків в системі калібрів «гладка бочка - плоский овал - коло».

4.Висота калібру «гладка бочка» повинна складати 200 мм. На гладкій бочці допускається перевищення катає діаметра нижнього валка над верхнім - не більше 6 мм (нижнє «тиск»). р,

5.Катающі діаметри верхнього і нижнього валків в калібрах плоский овал »і« коло »повинні бути однаковими.

6.Глубіна струмка плоского овалу повинна дорівнювати не менше 120 мм, а висота і ширина калібру 254 і 376 мм. Овальний калібр повинен бути обов'язково з плоским дном і радіусом заокруглення кутів, рівним радіусу обриси круглого калібру.

7. Нижній валок встановлюється таким чином, щоб дно круглого калібру знаходилося на 30 мм вище рівня перших станини роликів.

8. Нижній і верхній валки повинні бути встановлені без взаємного їх зміщення в осьовому напрямку. Контроль установки валків необхідно здійснювати за допомогою прохідного шаблону чистового круглого калібру з обов'язковим підсвічуванням зазору між валками і шаблоном. Контроль здійснюється періодично протягом всієї прокатки.

9. На задній стороні кліті лінійки маніпулятора повинні бути розсунуті на 15 мм.

10. Прокатку кіл із злитків масою 3.69 і 4.36 т необхідно здійснювати по режимам обтиснень наведеним в табл. 2.16 і 2.17, 2.10 (див. Додаток 3). Обтиснення плоского овалу в круглому калібрі не повинно перевищувати 35 мм.

11. Для збільшення продуктивності стану необхідно вести прокатку з злитків 3,69 т. (ЗНТУ.711546.001.ТЧ)

12. З метою зменшення навантажень на кантувач-маніпулятор слід звести до мінімуму правку гуркотів лінійками на передній стороні кліті. Для виправлення кривизни гуркотів до прокачувалися в калібрі 2 необхідно використовувати пропрасовуйте (калібрувальні) проходи.

13. Для зменшення навантажень на раму рольганга на задній стороні кліті операторам блюмінга слід не затискати гуркіт лінійками при прокатці в напрямку «на пост». Лінійки повинні бути кілька розсунуті відразу ж після направлення гуркоту в калібр і захоплення металу валками.

14. Прокатку вести зі зменшенням подачі води на валки на 60%. 15. Швидкість валків при прокатці кола повинна бути в межах 50 - 60 оборотів в хвилину.

ВИСНОВКИ

В результаті проведеної роботи розроблено технологію прокатки кіл діаметром 230-265 мм з нержавіючої сталі на блюмінгу ВАТ «Дніпроспецсталь». Розроблено калібрування прокатних валків, режими обтиснень, визначені температурно-швидкісні, енергосилові і інші технологічні параметри прокатки. Розроблено комплекс технічних заходів щодо запобігання скручування гуркотів навколо поздовжньої осі.

Проведено кілька досвідчених прокаток кіл діаметром 230,265 мм з нержавіючої сталі. Відпрацьовано на практиці технологічні схеми прокатки, режими обтиснень, швидкісні параметри прокатки.

Розроблено рекомендації щодо технології прокатки кіл великих розмірів на блюмінгу без застосування спеціальної привалкової арматури, що забезпечують отримання якісних профілів.

Даний вид продукції може здійснюватися на блюмінгу ВАТ «Дніпроспецсталь» в промислових масштабах.

У перспективі рекомендуємо розробити технологію виробництва прокату з злитків 6,7 т для отримання кращої -макроструктури готового продукту

Перелік використаних джерел

1. Чижигов Ю.М. Процессы обработки давлением легированных сталей и сплавов / Ю.М. Чижигов - Металургиздат, 1965 - 472с.
2. Чижигов Ю.М. Влияние обжатия при прокатке на пластичность металлов и сплавов. / Ю.М. Чижигов – Металургиздат, 1951. №2
3. Бровман М.Я. Известия высших учебных заведений / М.Я. Бровман - Сталь, 1988, №3, с.42
4. Мухина. М.А. Теория легированных сталей / Е.М. Комельков, А.И. Комисаров и др - Сталь. 1986. №1 с.55-57
5. Коссовский Л.Д. Природа рванин стали Х18Н9Т7/ В.А. Хорош, М.А. Мухина - Сталь. 1959. №2.
6. Тютюшев Г.К. Процессы обработки давлением / М.Р. Трахтенберг, В.И. Коконенко, О.В. Лебедев - Сталь. 1995. №3 с.35-36
7. Голиков. И.Н. Завариваемость флокенов в легированной стали при прокатке. / Б.М. Литвинов. - Сталь 1958, №1,
8. Чижигов Ю.М. Процессы обработки давлением легированных сталей и сплавов / Ю.М. Чижигов - Металургиздат, 1965 - 472с.
9. Радченко Р.П. Влияние содержания α -фазы в литом металле Х18Н9Т на качество поверхности металла. / Р.П. Радченко - Труды Кузнецкого межобластного правления НТО ЧМ, вып. 1 1956,
10. Алферова Н.С. Влияние ниобия и титана на пластические свойства нержавеющей и жаропрочной стали при высоких температурах. / Наталия Алферова - Сталь. 1948 № 10
11. Жетвин Н.П. Технология производства тонколистовой нержавеющей стали на заводе «Серп и молот». / Н.П. Жетвин - Труды НТО ЧМ, вып. 31. ЦИИНЧМ, 1962.
12. Рафалович В.В. Структура и свойства нержавеющей стали. / Виталий Рафалович - Теория и практика металлургии. 1938. №3
13. Чижигов. Ю.М. Влияние обжатия при прокатке на пластичность металлов и сплавов. / Ю.М. Чижигов - Сталь, 1951. №2

14. Бровман М.Я. Известия высших учебных заведений. / М.Я. Бровман - Черная металлургия, 1988, №3, с.42
15. Мухина М.А. Пластичность стали при высоких температурах / Е.М. Комельков, А.И. Комисаров и др. - Сталь.1986. №1 с.55-57
16. Коссовский Л.Д, Природа рванин стали X18H9T7 /., В.А. Хорош, М.А. Мухина - Сталь. 1959. №2.
17. Тютюшев Г.К. Структура и свойства нержавеющей сталей / М.Р. Трахтенберг, В.И. Коконенко, О.В. Лебедев - Сталь. 1995. №3 с.35-36
18. Чижигов. Ю.М. Интенсификация процесса прокатки на блюмингах. / Ю.М. Чижигов - Труды НТО ЧМ. т. X, Металлургиздат, 1956.
19. Чижигов.Ю.М. Образовании рванин на кромках полосы при прокатке. / Ю.М. Чижигов - Труды Всесоюзного Научного инженерно-технического общества металлургов, том I, 1954.
20. Зуев М.И. Пластичность стали при высоких температурах. / В.С. Култыгин, М.И. Виноград и др. - Металлургиздат, 1954.
21. Рафалович В.В. Структура и свойства нержавеющей стали. / Виталий Рафалович - Теория и практика металлургии. 1938.№3
22. Технологическая инструкция по нагреву в рекуперативных колодцах и прокатке слитков на стане «1050/950». ОАО «Днепропетцсталь», Запорожье, 2004. - 65с.
23. Технология прокатного производства. В 2-х книгах. Справочник: Беняковский М.А., Богоявленский К.Н., Виткин А.И. и др. Металлургия, 1991 г.- 861с.
24. Теория прокатки. Справочник. Целиков А.И., Томплетов А.Д., Зюзин В.И., Третьяков А.В., Никитин Г.С., «Металлургия» 1982. -335с.
25. Королев А.А. Конструкция и расчет машин прокатных станов: Учебное пособие для вузов. / А.А. Королев 2-е изд. прераб. и доп. - М.:«Металлургия» 1985. - 376с.
26. Гармаш С.А. Звіт про переддиплому практику. Завод «Днероспецсталь»; прокатный цех. - ЗНТУ 2018. – 15с