
Доброго ранку, шановні члени комісії!

До Вашого розгляду пропонується магістерська робота

на тему

**«Підвищення ефективності прокатування крупного сорту
шляхом впровадження температурної анізотропії при
деформуванні»**

Доповідач:

Селівоненко І.С.

Керівник:

Обдул В.Д.

Метою роботи є удосконалення технологічного процесу прокатування штанг діаметром до 260 мм з нержавіючих марок сталей шляхом застосування температурної анізотропії, що дозволило б зменшити брак як по поверхні штанг, так і по їхній вісі. За заводськими даними цей брак становить близько 12 %. Враховуючи сьогоднішні ціни, це суттєві втрати і доцільно їх зменшувати.

Для досягнення поставленої мети був проведений детальний аналіз процесу деформування нержавіючих марок сталей та види браку, які зустрічаються при прокатуванні. Проаналізовано також структурні перетворення, які відбуваються при нагріванні та деформуванні цих сталей в том числі на стані 1050/950

Механічні властивості вказаних сталей наведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Механічні властивості

ГОСТ	Стан поставки, режими термообробки	Перетин	$\sigma_{0,2}$	σ_b	δ_5	ψ
		мм ²	МПа	МПа	%	%
5949 – 75	Прутки. Загартування 1020 – 1100 °С охолодження на повітрі, маслі, воді	60	196	490	40	35
18907 – 73	Прутки шліфовані, оброблені на задану міцність	1 – 30	–	590 – 830	20	–
7350 – 77 5582 – 75	Литі, гаряче та холодно катані: загартування 1000 – 1080 °С вода або повітря; загартування 1050 – 1080 °С вода або повітря	Понад 4 до 3,9	206 –	509 520	43 40	– –
25054 – 81	Кування, загартування 1150 – 1100 °С вода або повітря	100	196	490	35	40
9940 – 81	Труби безшовні гаряче деформовані без термообробки	3,5		510	40	–
Показник	Ударна в'язкість			Термічна обробка		
		– 25°С				
KCV, Дж/см ²	216	181		Загартування 1050 °С		
KST, Дж/см ²	167	147				

Для таких сталей (аустенітний клас) характерна низька межа плинності при порівняно високій межі міцності, що наочно підтверджується діаграмою Шеффлера для сталі 08X18H10T

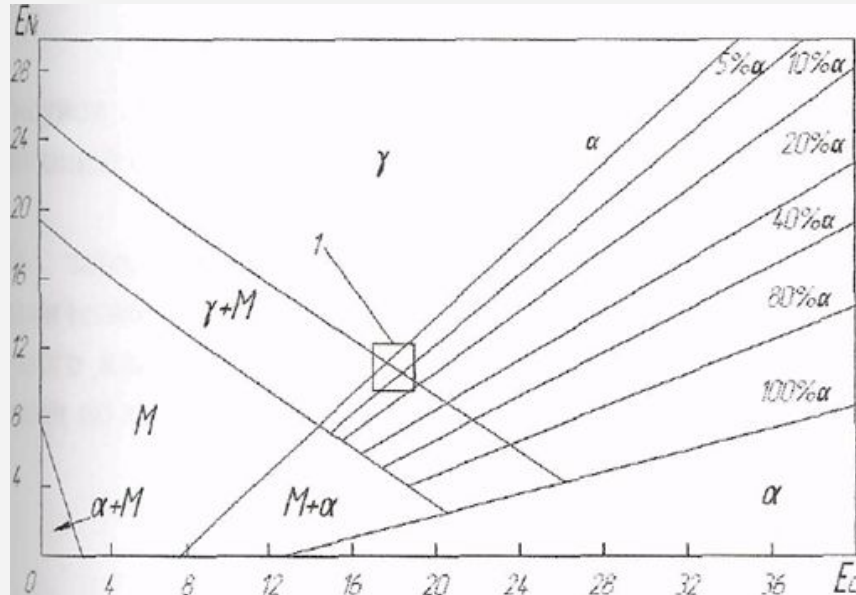


Рисунок 1.2 – Діаграма Шеффлера для нержавіючих сталей

Як показує практика ці аустенітні сталі можна як кувати, так і прокатувати за технологіями для інших марок сталей, отримуючи якісну продукцію. Разом з тим нерідко бувають випадки, коли якість продукції незадовільна. На рисунках 2.1 – 2.3 показано заготовку з глибокими рванинами, в тому числі і на ребрах. Крім того при прокатуванні сорту діаметром 270 мм із – за малої маси відливка витяжка п'ятикратна, чого недостатньо для отримання необхідної макроструктури

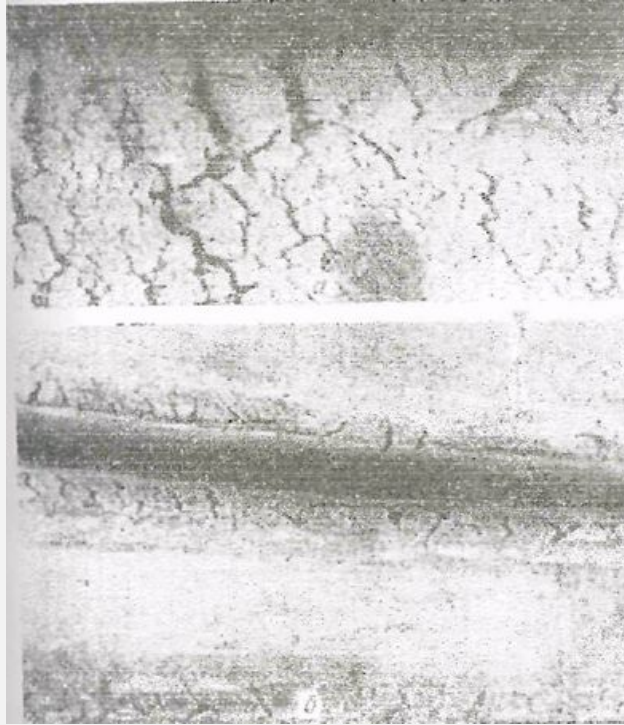


Рисунок 2.1 – Заготовки нержавіючої сталі X18H9T:
а) – с глибокими рванинами; б) – з рванинами по ребрах;

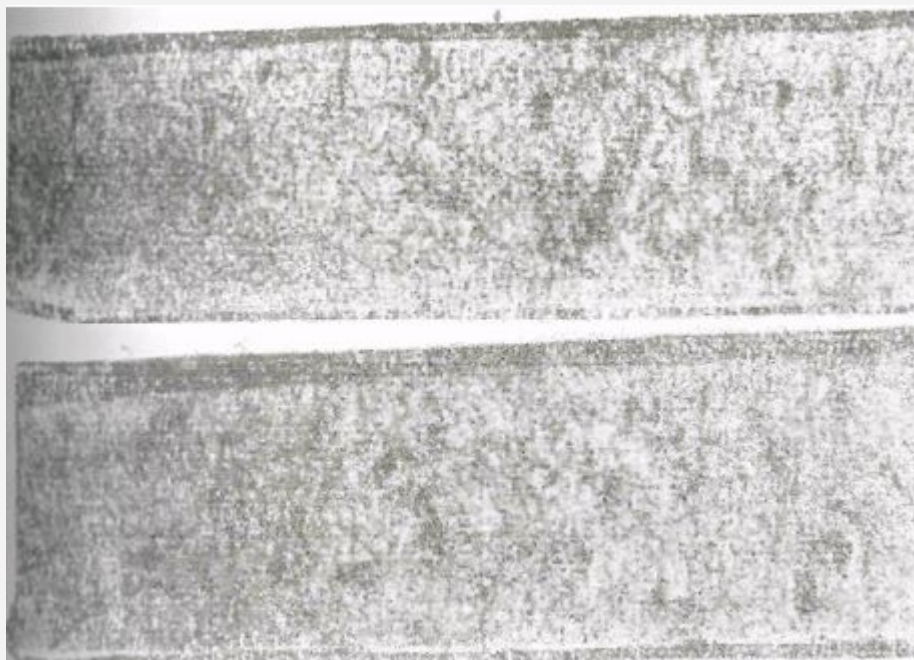


Рисунок 2.2 – Злами шайб від заготовок сталі X18H9T з глибокими рванинами. Темні плями – газові бульбашки.

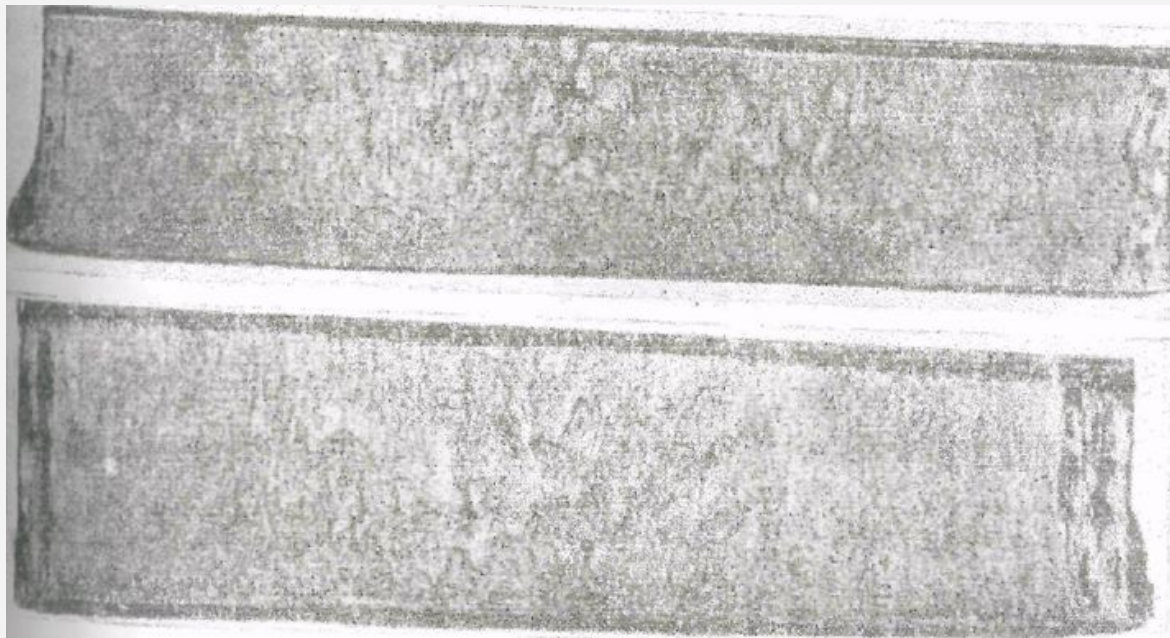


Рисунок 2.3 – Злами шайб від заготовок з поверхневими рванинами. «Підшкірні» бульбашки.

В окремих випадках всередині зони ліквационного квадрата (Дзугутов М. Я., Тюрін В.А.) спостерігаються тріщини, розташовані перпендикулярно вісі валків. Причина – перегрівання перед прокатуванням, що приводить до утворення внутрішніх тріщин вже в перших проходах.

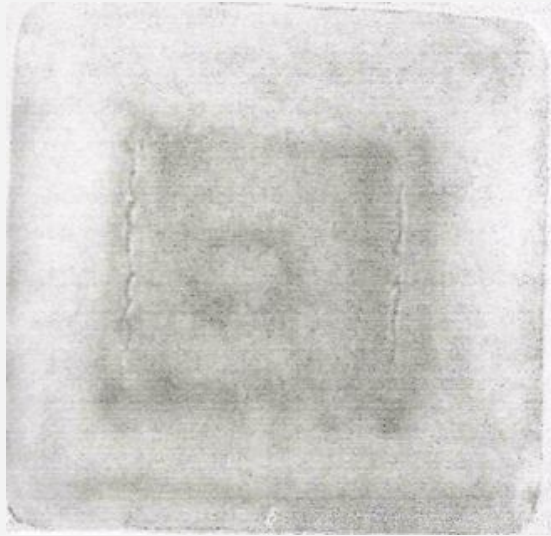


Рисунок 2.4 – Тріщини на межі ліквацийного квадрата в поперечній макроструктурі сталей

Такі тріщини орієнтовані паралельно граням блюма, відповідно роз'єму калібрів. Пояснити цей дефект можна значною денуритною ліквіацією, особливо в вісєвій зоні. При прокатуванні такого металу буде відбуватися в осьовій зоні, що приводить до окислення границь зерен і, як наслідок, до незаварювання в процесі деформування. Ступінь розкриття цих тріщин визначається останнім проходом. Чим більше обтискування, тим більше відкритими будуть тріщини.

При витяжці 2,5 розриви найбільші, при чотирикратній витяжці внутрішні розриви повністю заварювались. А при десятикратній – повністю зникали всі внутрішні дефекти, в тому числі і крупні.

В процесі нагрівання в аустенітних сталях з'являється α – фаза. В результаті всередині штанги будуть одночасно присутні феритні та аустенітні зерна, які мають різні характеристики (опір деформації, тощо), що приводить до виникнення залишкових напружень які при несприятливих температурно – швидкісних умовах деформування викликають розриви (дивись рис. 2.9)

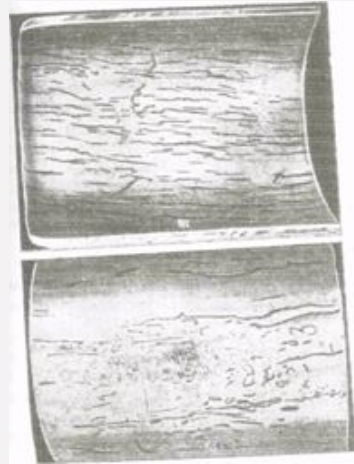


Рисунок 2.9 – Плівки на внутрішній (а) і зовнішній (б) поверхнях гільзи, прошитої з заготовки стали X18N9T з великою кількістю надлишкового фериту

Проаналізовано вплив температури початку деформування та тривалість аустенітних сталей на якість блюмів по рванинам – є покращення поверхні, але одночасно відбувається перепад (1250 – 1270 °С). запропоновано режим нагрівання з різними балами α – фази від 2,5 і вище.

Більшість неіржавіючих марок сталей прокатують по калібровкам з ящиківих калібрів, але в більшості випадків прокатування аустенітних сталей приводить до порушення суцільності, і, як наслідок, до втрат металу. Найкращі результати отримують при калібровці коло – коло. Для зменшення небезпеки порушення суцільності мало пластичних сталей треба створювати такі калібровки і умови деформації, при яких відсутні значні розтягуючі напруження. Найбільш прийнятною є калібрування

овал – коло, оскільки найбільші обтискування припадають на центральну частину профіля. Рекомендоване калібрування показано на рисунках 2.23, 2.24, режими обтискувань представлені в таблицях 2.8, 2.9, відповідно

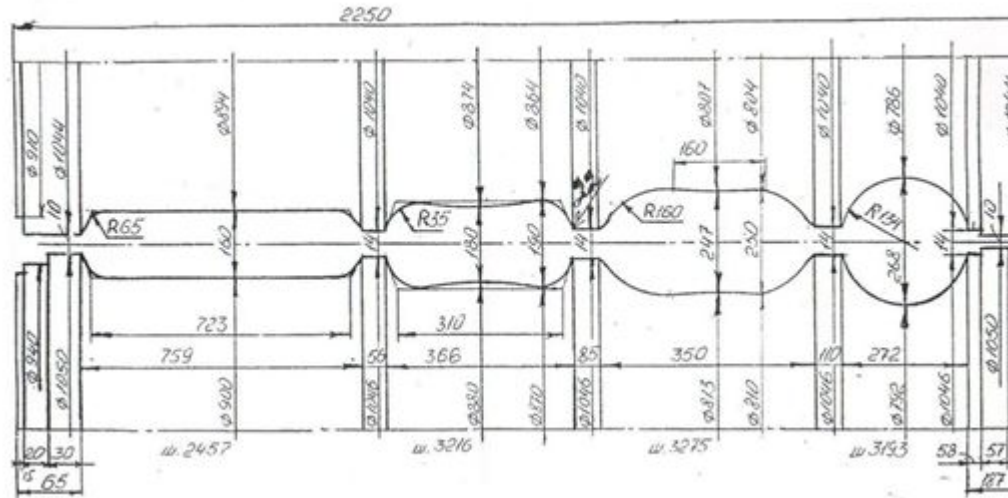


Рисунок 2.23 – Калібрування валків блюмінга (діюча схема).

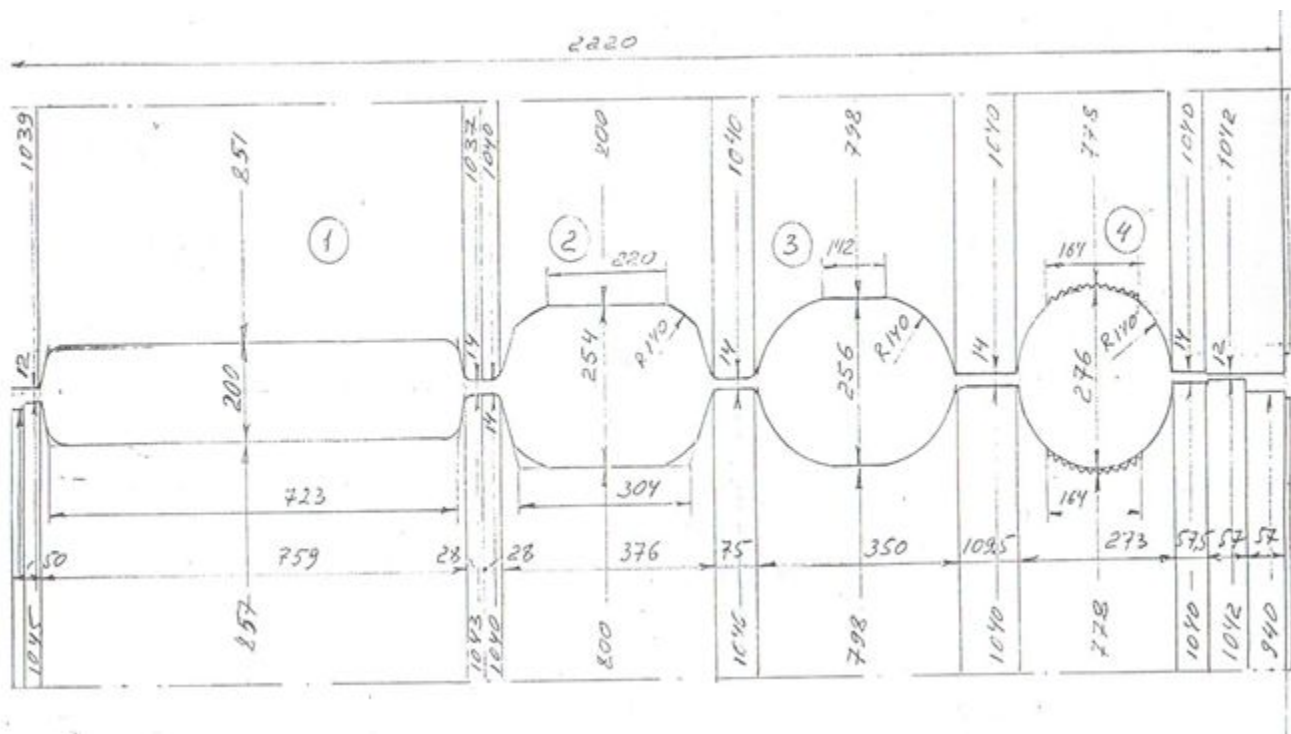


Рисунок 2.24 – Калібрування валків блюмінга (пропоноване).

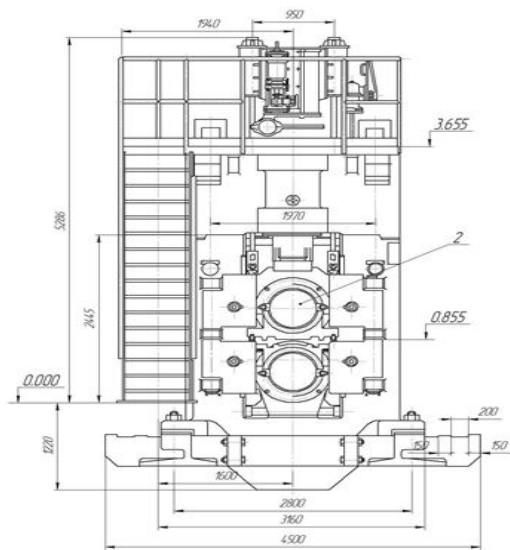
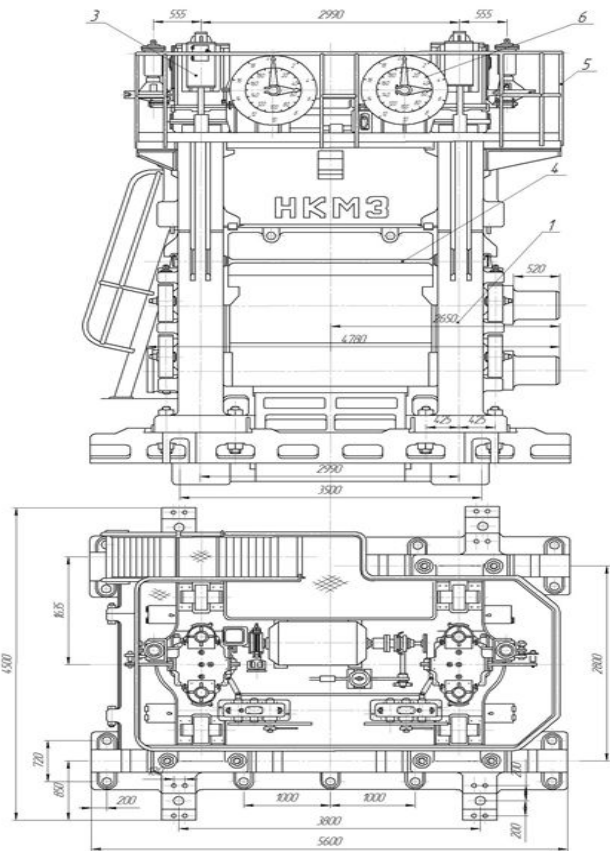
Таблиця 2.8 – Режим обтиснень при прокатці блюмов із злитків вагою 2,6 т. сталі X18H9T (за старою схемою)

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

Таблиця 2.9 – Режим обтиснень при прокатці блюмов із злитків вагою 2,6 т. сталі X18H9T (за новою схемою)

калібр	номер проходу	Перетин смуги, мм		Обтиснення, мм
		висота	ширина	
1	0	540	540	
	1	475	540	65
	2	420	540	55
	3	480	420	60
	4	420	425	60
	5	365	435	55
	6	310	445	55
2	7	385	315	60
	8	325	330	60
1	9	280	345	50
	10	220	360	70
3	11	280	225	80
	12	195	250	85
	13	200	200	50

Дослідне прокатування проводили на стані блюмінг 1050/950 ПрАТ «ДНІПРСПЕЦСТАЛЬ». На рисунку представлено план розташування обладнання стану, а також обтискувальна та заготівельні кліті. Маса злитків – в межах 3,5 – 6,2 тн.



Режими обтискувань, калібрування і
технологія прокатки розроблялась за
допомогою САПР ТП для кіл 230 – 265 мм,
представлені в таблицях:
2.14, 2.15, 2.16, 2.17, 2.18, 2.19, 2.26, 2.27.

Таблиця 2.14 – Режим обтиснень злитка 4.36 т для прокатки кіл діаметром 265 мм з використанням передчистового радіусного овалу

Номер калібру	Номер пропуску	Показання стрілок, мм	Обтиснення, Δh, мм	Розширення Δb, мм	Висота H, мм	Ширина B, 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	
	8	340	45	10	500	500	
	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		
Кантування							
2	13	226	55	10	480	330	
	14	171	55	10	425	340	
	15	116	55	10	370	350	
	16	66	50	10	320	360	
	Кантування						
3	17 овал	49	55	10	305	330	
	18 овал	- 4	51	10	254	340	
	Кантування						
4	19 круг	- 6	70	14	270 (274)	268	

Таблиця 2.15 – Режим обтиснень злитка 3.69 т для прокатки кіл діаметром 265 мм з використанням передчистового радіусного овалу

Номер калібру	Номер пропуску	Показання стрілок, мм	Обтиснення, Δh, мм	Розширення Δb, мм	Висота Н, мм	Ширина В, 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	
	Кантування						
2	7	210	50	10	370	525	
	8	160	50	10	320	535	
	Кантування						
	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 коло	- 6	70	14	270 (274)	268	

Таблиця 2.16 – Режим обтисень злитка 4.36 т для прокатки кіл діаметром 265 мм з використанням передчистового плоского овалу (варіант1)

Номер калібру	Номер пропуску	Показання стрілок, мм	Обтиснення, Δh, мм	Розширення Δb, мм	Висота H, мм	Ширина B, 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	
	8	340	45	10	500	500	
Кантування							
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							
2	13	226	55	10	480	330	
	14	171	55	10	425	340	
	15	116	55	10	370	350	
	16	66	50	10	320	340	
	Кантування						
	17 овал	49	57	10	303	330	
	18 овал	- 4	53	10	250	340	
Кантування							
4	19 круг	- 6	70	18	270 (274)	268	

Таблиця 2.17 – Режим обтиснень злитка 4.36 т для прокатки кіл діаметром 265 мм з використанням передчистового плоского овалу (варіант 2)

Номер калібру	Номер пропуску	Показання стрілок, мм	Обтиснення, Δh, мм	Розширення Δb, мм	Висота H, мм	Ширина B, 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	
	8	340	45	10	500	500	
Кантування							
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							
2	13	226	55	10	480	330	
	14	171	55	10	425	340	
	15	116	55	10	370	350	
	16	66	50	10	320	340	
	Кантування						
	17 овал	49	57	10	303	330	
18 овал	-4	53	10	250	340		
Кантування							
4	19 круг	-6	70	18	270 (274)	268	

Таблиця 2.18 – Режим обтиснень кола діаметром 265 мм на стані 1050 (кліть 1)

Номер калібру	Номер пропуску	Обтиснення, Δh, мм	Розширення Δb, мм	Висота H, мм	Ширина В, мм	
1				650	650	
	1	60	10	590	660	
	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						
2	9	60	10	410	470	
	10	50	10	360	480	
	11	40	10	320	490	
	12	холостой				
	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 2.19 – Режим обтиснень кола діаметром 265 мм на стані 950 (кліть 2)

Номер калібру	Номер пропуску	Обтиснення, Δh, мм	Розширення Δb, мм	Висота H, мм	Ширина B, мм
5 овал				270	300
	1	10	3	260	303
Кантування					
6 круг	2	35	8	268	268

Таблиця 2.20 – Режим обтиснень кола діаметром 230 мм на стані 950 (кліть 2)

Номер калібру	Номер пропуску	Обтиснення, Δh, мм	Розширення Δb, мм	Висота H, мм	Ширина B, мм
5 овал				270	270
	1	47	10	223	285
Кантування					
6 круг	2	52	10	233	233

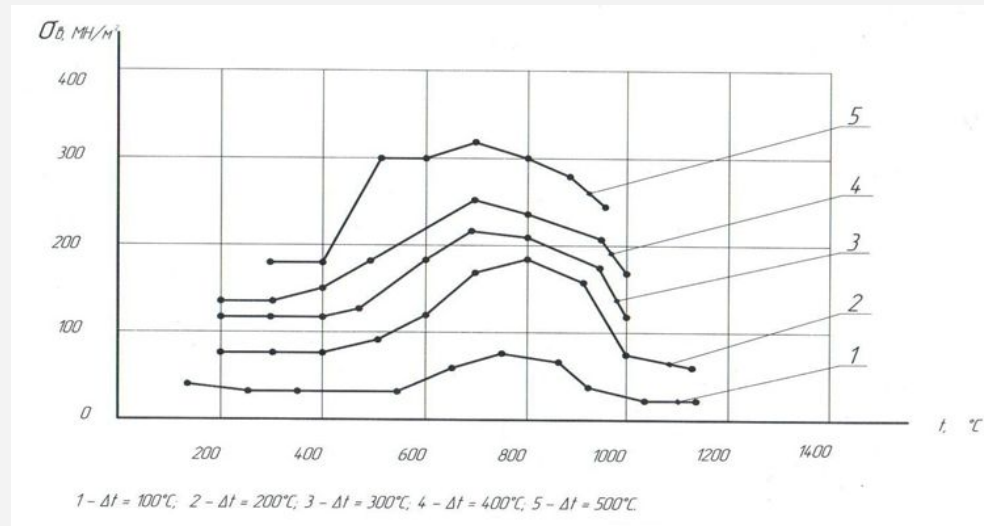
Таблиця 2.26 – Режим обтиснень злитка 3.69 т для прокатки кіл діаметром 265 мм на кліті 1050 з використанням передчистового плоского овалу калібру 2 (рекомендований варіант за результатами другої дослідної прокатки).

Номер калібру	Номер пропуску	Показання стрілок, мм	Обтиснення, Δh, мм	Розширення Δb, мм	Висота Н, мм	Ширина В, мм	
1					590	590	
	1	350	40	5	550	595	
	2	315	35	5	515	600	
	Кантування						
	3	345	55	5	145	520	
	4	295	50	5	495	525	
	Кантування						
	5	285	40	10	485	505	
	6	245	40	10	445	515	
	Кантування						
2	7	270	45	10	470	455	
	8	220	50	10	420	465	
	9	170	50	10	370	475	
	10	120	50	10	320	485	
	Кантування						
	2	11	180	51	10	434	330
		12	115	60	10	369	340
		13	55	60	10	309	350
		14	55	0	0	309	350
	Кантування						
1	15	25	71	16	279	325	
	16	25	0	0	279	325	
Кантування							
3	17	5	66	21	259	300	
	18	5	0	0	259	300	
4	19	5	29	9	271	268	

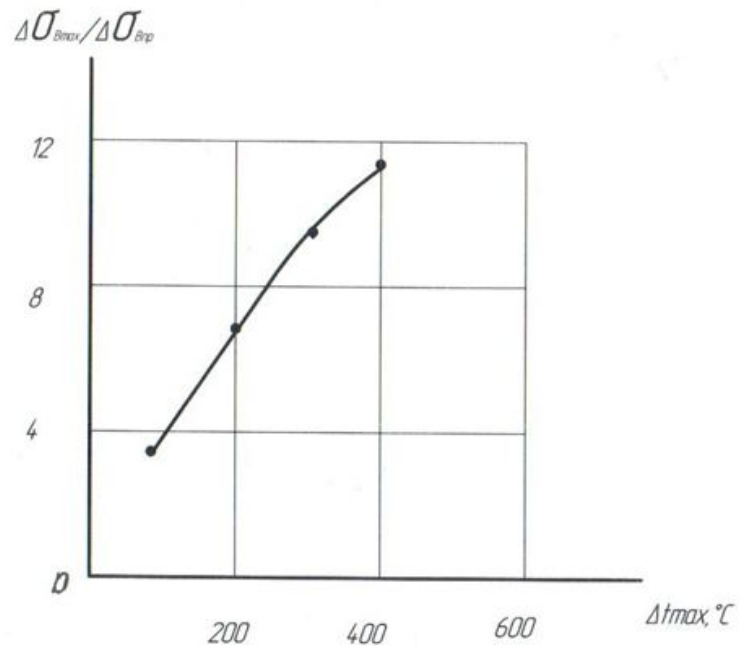
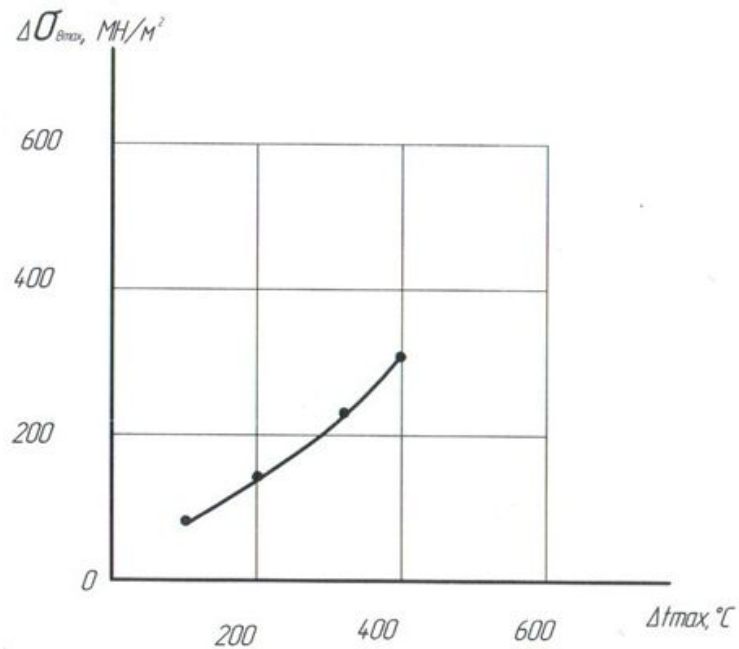
Таблиця 2.27 – Режим обтиснень злитка 4.36 т для прокатки кіл діаметром 265 мм на кліті 1050 з використанням передчістового плоского овалу калібру 2 (рекомендований варіант за результатами другої дослідної прокатки).

Номер калібру	Номер пропуску	Показання стрілок, мм	Обтиснення, Δh, мм	Розширення, Δb, мм	Висота H, мм	Ширина B, мм	
1					650	650	
	1	410	40	5	610	635	
	2	370	40	5	570	660	
	Кантування						
	3	415	45	5	615	575	
	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	
	Кантування						
	9	285	35	10	485	505	
10	245	40	10	445	515		
Кантування							
2	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						
	15	180	51	10	429	330	
	16	115	60	10	369	340	
17	55	60	10	309	350		
Кантування							
3	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	

Крім того проводилося підстужування поверхні злитка за розробленою схемою. Така схема створює більш міцну зовнішню оболонку, що в процесі прокатування приводить до зникнення вісевої пористості. Результати аналізу представлені на графіках



Величина перепаду міцностних властивостей сталі 08X18H10T при різних значеннях градієнта температур Δt в залежності від температури нагрітого злитка



Залежність абсолютного максимального перепаду $\Delta\sigma_{\text{max}}$ (а) і відносного перепаду $\Delta\sigma_{\text{max}}/\Delta\sigma_{\text{Впр}}$ (б) міцнісних властивостей сталі від величини максимального температурного градієнта Δt

Ефективність нової технології проаналізована в порівнянні зі старою технологією – кування на пресі 63 МН. Калькуляція собівартості представлена в таблиці 3.1, 3.2, 3.3.

Таблиця 3.1 Калькуляція собівартості 1 тн сорти марки 08X18H10T преса «6000» ковальсько – пресового цеху

№ п/п	Статті витрат	Сума, грн/тн
1	Задано в виробництво	20955
2	Обрізки / шматок	817,24
3	Обрізки / шматок	817,24
4	Стружка	1 17,35
5	Додаткова обріз	41,91
6	Разом відходів	976,50
7	Витрати по переділу	291,46
8	Витрати по виправленню	8,00
9	Витрати по обдирання	25,15
10	Витрати по зачистці	4,82
11	Витрати з перевірки	125,73
12	Разом витрати по переділу	455,16
	Разом собівартість	20433,66

Таблиця 3.2 – Калькуляція собівартості 1 тн сорти марки 08X18H10T стану "1050/950» прокатного цеху

№ п/п	Статті витрат	Сума, грн/тн
1	Статті витрат	Сума, грн / тн
2	Задано в виробництво	20955,00
3	Обрізки	1520,32
4	Стружка	70,00
5	Разом відходів	1590,32
6	Разом придатного	19364,68
7	Витрати по переділу	200,00
8	Витрати на зачистку	50,00
9	Витрати на травлення	20,00
10	Витрати на обдирання	25,00
	Разом собівартість	19659,68

Таблиця 3.3 – Витрати на прокатування на стані «1050/950»

	Статті витрат	Од. вим.	Кількість на 1 тн	Планова ціна,	Вартість на 1
				грн. / Од.	тн. грн. / Тн
1	Газ природний	м ³	53,94	5033,22	271,48
2	Газ доменний	м ³	335,46	719	241,19
	Разом				512,67
3	Електроенергія	кВт/год.	114,0	1706,7	194,56
4	Вода технічна	м ³	13,0	1335,0	17,3
5	Повітря стисле	м ³	58,0	520,8	30,21
6	Пар	Гкал	19,92	1175,35	23,42
	Разом				265,49
7	Змінне обладнання				50,0
8	У тому числі валки				3,29
9	Капітальний ремонт				15,0
10	Поточний ремонт				90,0
	Зміст основних				80,0
11	Допоміжні матеріали				40,0
12	Амортизація основних				130,0
13	Зарплата				250,00
14	Соц. страх				50,0
15	ОПР цеху				300,0
	Разом				1018,29
16	ОПР (заводські)				400,0
	Разом з ОПР				1418,29