

Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт
2019-2020

Шифр «Зерно»

Оптимізація структури литого металу із стружки P18

Напрямок «Матеріалознавство»

2019 р

•

Анотація

Актуальність роботи полягає у можливості підвищення працездатності литого інструменту.

Об'єкт дослідження - структура металу електрошлакового переплаву відходів сталі P18 у вигляді стружки і процес термічної обробки отриманих деталей - свердла перового.

Мета роботи – дослідити структуру та склад литого металу зливка електрошлакового кокільного лиття, модифікування структури зливка та оптимізація режимів термічної обробки.

Наукова новизна.

Встановлено, що при переплаві стружки P18 методом електрошлакового переплаву з використанням графітового електроду відбувається збільшення вмісту вуглецю у зливків кокільного лиття з 0,8 до 1,0-1,1 %.

Встановлено, що при термічній обробці такого литого металу слід підвищити температуру гартування до 1300 - 1350⁰ С.

Для зменшення кількості залишкового аустеніту проводити відпал не менше трьох разів. Температура першого відпалу 600⁰ С протягом години. Наступні два відпали проводити при температурі 550-570⁰ С.

Встановлено, що модифікування структури зливка введенням інокуляторів у вигляді нагрітої стружки відбувається зменшення розміру між вісями II порядку у центральній частині зливків кокільного лиття з 0,025 мм до 0,015 мм.

Практичне значення отриманих результатів

Отримано основні технологічні параметри режимів термічної обробки металу електрошлакового кокільного лиття із відходів сталі P18 у вигляді стружки із підвищеним вмістом вуглецю. Зменшено розмір карбідної сітки центральної частини зливка та підвищено стійкість свердла перового при обробці металу із неоднорідною структурою. При свердленні литих заготовок по залишкам усадочної раковини, кількість поломок інструменту по тілу свердла зменшилася на 30 %. Результати наукової роботи впроваджено.

ІНСТРУМЕНТАЛЬНА СТАЛЬ P18, СТРУКТУРА, ТЕРМІЧНА ОБРОБКА,
ЗЕРНО

ЗМІСТ

1 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ	5
1.1 Характеристика виробу та технологія виготовлення	5
1.2 Умови експлуатації свердла перового	9
1.3 Вплив інокуляторів на структуру та властивості литого металу .	10
2. ТЕХНОЛОГІЯ І ОБЛАДНАННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СВЕРДЛА ПЕРОВОГО	15
2.1 Обґрунтування і вибір технологічного процесу	15
2.2 Технологія електрошлакового кокільного лиття.....	15
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	19
3.1 Хімічний склад металу зливоків	19
3.2 Структура зливка.....	19
3.3 Термічна обробка литого металу	23
3.4 Випробування інструменту	24
3.4.1 Випробування інструменту при різанні суцільного металу ..	24
3.4.2 Випробування інструменту при різанні не суцільного металу	24
ВИСНОВКИ.....	26
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	28

ВСТУП

Більшість ріжучого інструменту виготовляється з швидкорізальних сталей, до складу яких входять дорогі легуючі елементи, такі як вольфрам, ванадій, кобальт і ін. До 70 % вартості готового інструменту (фрез, свердел, протяжок і ін.) складають витрати на метал, який в 20 і більше разів дорожче вуглецевої сталі. Тому повернення швидкоріжучих сталей в сферу виробництва становлять значний інтерес для інструментального господарства металообробних підприємств. Заміна матеріалу різців зі сталі P18 на сталь P6M5 не забезпечує економічний ефект за рахунок зниження вартості матеріалу з урахуванням більш низької стійкості інструменту і вартості його виготовлення.

Електрошлакові зливки, вилиті у кокіль, мають щільну структуру, хороші точність і чистоту поверхні, малі припуски на обробку. Технологія дозволяє багаторазово використовувати отриманий метал, переплавляючи відпрацьований інструмент [1]. Але використання стружки на даний час обмежене через відсутність технологічних процесів очищення її від залишків мастильно-охолоджувальних рідин (МОР).

Випалювання МОР під час переплаву призводить до збільшення вмісту вуглецю у зливках, через що виникла проблема у коригуванні режимів термічної обробки. Через грубу структуру центральної частини зливка, литий інструмент погано працює в умовах ударних навантажень. В роботі, з метою подрібнення структури запропоновано використовувати як інокулятори стружку сталі P18. У літературних джерелах інформацію про використання інокуляторів у вигляді стружки та їхній вплив на структуру зливка не знайдено, тому виникла необхідність дослідження хімічного складу, структуриметалу кокільного лиття сталі P18 із використанням інокуляторів у вигляді стружки та корегування режимів термічної обробки.

1 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ

1.1 Характеристика виробу та технологія виготовлення

Свердло (рис. 1.1) представляє собою плоскі пластини з шліфованими поверхнями товщиною 20 мм в залежності від типорозміру. Робочі ріжучі грані мають складний профіль.

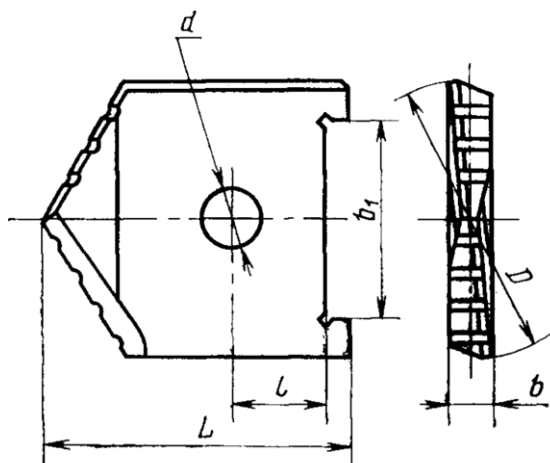


Рисунок 1.1 – Пластина свердла перового.

Твердість HRC 60-63. Свердла, за вимогами замовника, виготовляють зі сталі P18. Хімічний склад сталі P18 наведено в табл. 1.1, властивості у табл. 1.2. Свердла мають кілька типорозмірів, табл. 1.3.

Таблиця 1.1 Хімічний склад сталі P18, ГОСТ 9373 - 85 [2].

Масова частка елементів, %				
C	Cr	W	V	Mn
0,7 - 0,8	3,8 - 4,4	17,5 - 19,0	1,0 - 1,4	≤0,3

Таблиця 1.2-Механічні властивості сталі P 18 при 20 °С.

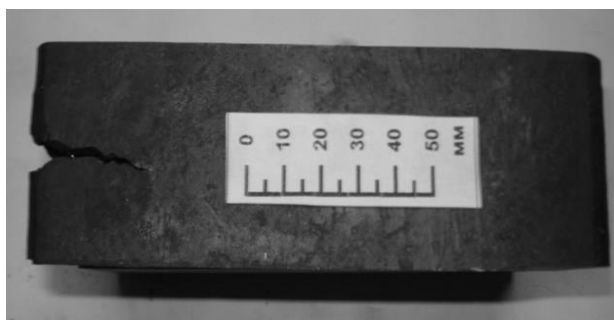
Межа короточасної міцності, МПа	Межа текучості, МПа	Відносне подовження при розриві, %	Відносне звуження, %	Ударна в'язкість, КСУ, кДж / м ²	Твердість, НВ
840	510	8	10	190	255

Таблиця 1.3 - Типорозміри різця свердла

Позначення пластини	D, h8	b, h7	b ₁ , H7	L	l	d
2000-1256	80,0	11	52	68,5	22	14
2000-1258	85,0	14	70	83,5	29	18
2000-1261	90,0					
2000-1262	92,0					
2000-1263	95,0					
2000-1264	98,0					
2000-1265	100,0	14	70	83,5	29	18
2000-1267	105,0					
2000-1269	110,0					
2000-1274	120,0					
2000-1278	130,0					

В даний час, найбільш оптимальним матеріалом для виготовлення свердел перових є кована сталь Р18 ГОСТ 9373 - 85 після загартування з 1280-1300 ° С і триразової відпустки при температурі 500- 550° С (твердість HRC 60 - 63) [2].

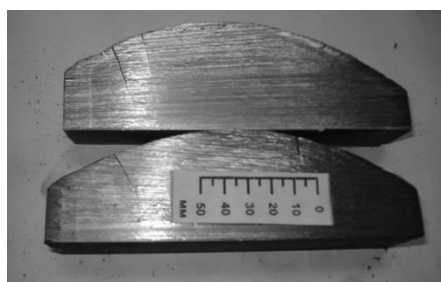
Сталь Р18 застосовують у вигляді кованих заготовок прямокутного або круглого перетину. Твердість сталі в стані поставки HB 207 - 255, що дозволяє їх різати на заготовки дисковими пилами і механічно обробляти інструментом зі швидкорізальної сталі або з напайками з твердого сплаву. Однак оброблюваність сталі різанням досить погана. При цьому при використанні круглого прокату в відходи йде близько 40 % металу. Перекув прокату Р18 в заготовки близького розміру викликає суттєві труднощі через високу температуру і вузький температурний інтервал кування. Кування литого металу Р18 електрошлакової виплавки також додатково ускладнюється через наявність карбідної сітки вдовж границь зерен. В результаті порушення технології кування виникають поверхневі і внутрішні макро- та мікротріщини і надриви в металі, рис. 1.2.



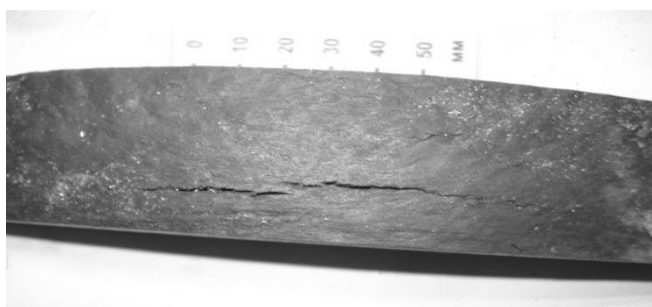
а)



б)



в)



г)

а) поверхнева тріщина в поковці прямокутного перетину;

б) характер поширення тріщини.

в) поверхнева тріщина в поковці заготовки сегмента;

г) внутрішня тріщина.

Рисунок 1.2 - Дефекти кування заготовок сталі Р18.

Мікротріщини, що виникають в процесі кування, не завжди вдається виявити при візуальному огляді і надалі вони призводять до виникнення тріщини при загартуванні заготовок (рис.1.3) і викришування інструменту в процесі роботи. Тому бажано розробити технологічний процес з уникненням операції кування.

Механічна обробка проводиться з припуском 1 мм на сторону. Припуск дається на вигорання елементів і знеуглецювання поверхні при термічній обробці. Режим термічної обробки загальноприйнятий для даної марки сталі. Після остаточної термічної обробки проводиться шліфування інструменту в розмір виробу.

Гартування проводиться з попереднім підігрівом в електропечі до 760-800 ° С, перенесення пластин в барієву ванну, нагрів до 1200-1250° С. Кожну деталь витягують з соляної ванни після необхідної витримки (0,72 хв на 1 мм

товщини). Охолодження в лужній ванні до 500 °С, з подальшим охолодженням на повітрі. Твердість пластин після такої термообробки знаходиться в межах HRC 59-60. Подальший триразовий відпуск при температурі 500 - 550 °С знижує кількість залишкового аустеніту і дозволяє підвищити твердість на 3 -5 одиниць [1].



а)



б)

- а) розтріскування при гартуванні;
- б) поверхня тріщини після гартування.

Рисунок 1.3 – Тріщини гартування

Щоб уникнути знеуглецювання поверхневого шару в процесі термообробки необхідно періодично розкислювати соляну ванну. Розкислення можна здійснювати сумішшю 85-75 % феросиліцію і зневодненої бури (0,5 % кожної складової від маси розплавленої солі).

При шліфуванні свердла після термообробки і при реставрації необхідно враховувати, що загартована сталь P18 вкрай чутливі до нагрівання, супутнього процесу шліфування. Це викликає виникнення на поверхні припалів, мікротріщин та інших дефектів, що різко знижують стійкість свердла. Внаслідок того, що глибина дефектного шару при шліфуванні порівнянна з допустимим зносом свердла, шліфування проводять не використовуючи форсовані режими.

1.2 Умови експлуатації свердла перового

Свердла призначені для свердлення отворів великих діаметрів на свердлильних та токарних верстатах.

Під умовами експлуатації свердла слід розуміти всі фактори, що впливають на їх довговічність:

- а) режими різання;
- б) твердість оброблюваного матеріалу;

Умови різання досить складні. Нерівномірність навантаження по поверхні ріжучої кромки, вібрація і удари. Такі умови експлуатації та розміри інструменту виключають можливість застосування інструменту із твердосплавними вставками типу ВК, які за таких умов праці розколюються. Висока твердість оброблюваних деталей, призводить до розігріву ріжучої кромки. Всі ці фактори вимагають високої якості виготовлення інструменту.

Однак, на виробництві при переході з свердлення поковок на зливки із усадочною раковиною виникла проблема із стійкістю литого свердла перового.

Через суттєве збільшення вартості операції кування, замовник вирішив використовувати литі заготовки сталі 09Г2С. Для зменшення розмірів головної обрізі було вирішено частину усадочної раковини висвердлювати.

Через несиметричність розташування усадочної раковини та через не суцільність металу в зоні усадочної раковини, умови роботи свердла суттєво погіршилися. Виникає несиметричність навантаження у удари під час різання. Як показали практичні випробування, стійкість ріжучої кромки була достатньою, але виникли руйнування свердла по центральній частині у зоні кріплення.

Відомо, що причиною низької ударної стійкості литого металу є груба карбідна сітка. Тому виникла необхідність зменшити розмір зерна та карбідної сітки у центральній частині заготовки свердла перового.

Досить поширеним методом і технологічні прийоми управління

кристалізацією металу при ЕШП, а саме, зменшення розмірів литого зерна є застосування інокуляторів.

1.3 Вплив інокуляторів на структуру та властивості литого металу

Залежно від теплофізичних умов взаємодії металу з інокулятором, що звільнився від шлакового гарнісажу, можливі різні схеми кристалізації "суспензійного" розплаву:

1. Інокулятори повністю розплавляються і викликані ними концентраційні і температурні неоднорідності зникають при охолодженні розплаву до температури ліквідус, що дозволяє отримати трохи більш дрібнозернисту і однорідну структуру. При цьому транскристалітного характеру структури ЕШ металу залишається незмінним (рис 1.4, а);

2. Інокулятори розплавляються, але викликані ними температурні і концентраційні неоднорідності в інтервалі температур між ліквідус і солідусом повністю не зникають; в подальшому ці ділянки стають центрами кристалізації;

3. Інокулятори повністю не розплавляються. Частково оплавлені інокулятори грають роль підкладок, на яких відбувається кристалізація навколишнього розплаву. Температурний градієнт перед рухомих фронтом кристалізації може бути негативним, що сприяє характеру затвердіння, подрібнення структури, разорієнтованих дендритів (рис. 1.4, б). Між інокуляторами які оплавилась і матрицею утворюється межа розділу (рис. 1.5).

4. Інокулятори не розплавляються. Кристалізація розплаву на поверхні холодильника починається ще в верхній частині металевої ванни. На фронт кристалізації інокулятори потрапляють в металевому гарнісажу. Навколо холодильника утворюється тонкий шар рівновісних зерен, від яких потім ростуть дендрити, утворюючи макроструктуру типу "соняшник" (рис. 1.4, в)

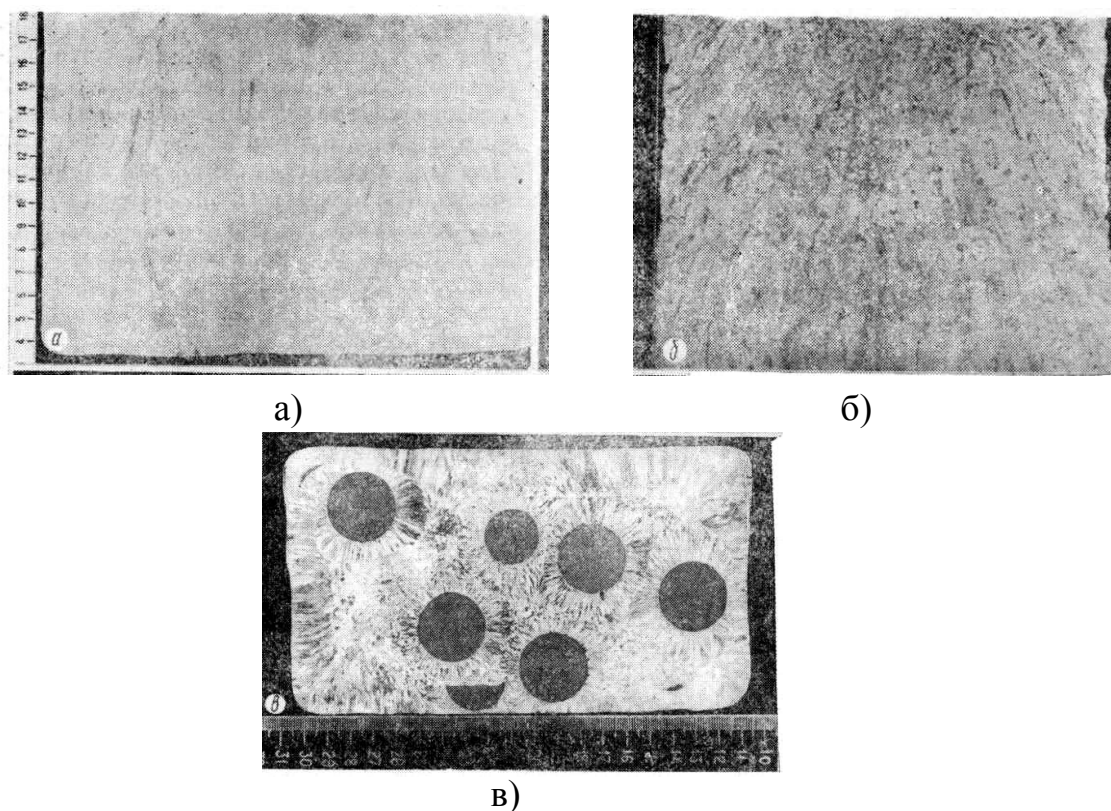


Рисунок 1.4 – Макроструктура електрошлакового металу при повному (а), частковому (б) розплавленні інокуляторів та при використанні інокуляторів що не розплавився (в).

Механізм утворення литих армуючих включень виглядає наступним чином. При проходженні інокулятора певного розміру через шар розплавленого шлаку і перегріту частину металеві ванни відбувається його розігрів і розплавлення, нагрівання інокулятора не однорідне по перетину. Поверхневі шари нагріваються до більш високої температури і плавляться раніше центральної їх частини. Можлива ситуація, коли в периферійних областях оплавленого інокулятора відсутній перегрів над температурою ліквідус. Підійшовши до фронту кристалізації, такий холодильник буде мати ділянки з температурою, близькою до температури солідус в центральній частині і до температури ліквідус в периферійній. Рідкий метал периферійної частини інокулятора насичується киснем оксидної плівки, що покриває його поверхню.

Кристалізація інокулятора відбувається при позитивному

температурному градієнті із відведенням теплоти кристалізації через рідку фазу. Відсутність перегріву металу інокулятора над температурою ліквідус сприяє формуванню рівновісної структури, а малий локальний час кристалізації - формуванню дрібнодисперсної структури. Кристалізація розплавлених інокуляторів від їх центру до периферії супроводжується витісненням домішок на периферію. Подальша кристалізація і усадка металу матриці викликає пластичну деформацію периферійних ділянок закристалізованих інокуляторів, що приводить до спотворення кристалічної ґратки і появи у структурі світлої смуги. Через що формується армована структура, яка має армуючі включення з литою структурою і характеризується наявністю мікроділянок хімічної неоднорідності. Залежно від характеру взаємодії інокуляторів з металевим розплавом можливо їх різний вплив на структуру і властивості електрошлакового металу.

На властивості литого металу значно впливають дисперсність і спрямованість його дендритних структури. При введенні інокуляторів, що не розплавляються повністю в металевій ванні, дендрити зберігають свою стовбчасту форму, але вони більш разорієнтовані (рис 1.6, б).

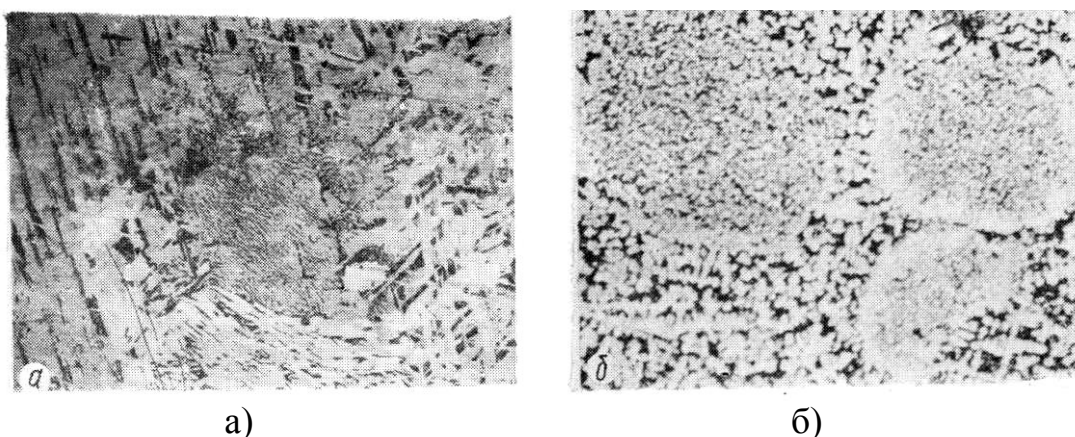


Рисунок 1.5 – Мікроструктура ділянки сплаву інокулятора з матрицею: а – оплавлений інокулятор (x50); б – розплавлений, але не розчинений інокулятор (x10).

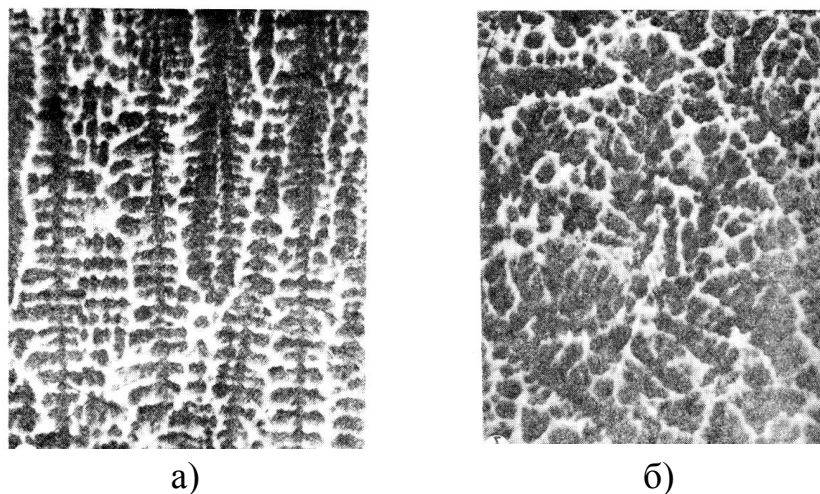


Рисунок 1.6 – Дендритна структура електрошлакового металу без введення (а) і з введенням (б) дисперсних інокуляторів.

Відстань між вісями першого і другого порядку, із застосуванням дисперсних інокуляторів, менша, але товщина вісей першого і другого порядку більше, що свідчить про більшу щільності дендритних структури (табл. 1.4) [9].

Вплив інокуляторів на макро- і дендритну структуру електрошлакового металу позначається на морфології неметалевих включень, які утворюються при температурах нижче ліквідусу і солідусу (карбіди, сульфідні, деякі види оксидів). За змістом сірки і сульфідних включень чистота електрошлакового металу істотно залежить від їх змісту в інокуляторах (табл. 1.5) [9].

Таблиця 1.4 – Дисперсність дендритної структури електрошлакового металу.

Спосіб виплавлення електрошлакового металу	Осі першого порядку		Осі другого порядку		Розмір міждендритної комірки, мм ²
	Відстань між вісями, мм	Товщина вісей, мм	Відстань між вісями, мм	Товщина вісей, мм	
Без інокуляторів	0,55	0,05	0,125	0,075	0,0250
З інокуляторами	0,40	0,06	0,110	0,100	0,0034

Таблиця 1.5 – Вміст шкідливих домішок і неметалевих включень в електрошлакової сталі, виплавленої із застосуванням інокуляторів

Спосіб виплавки металу іноку- лятора	S, %		O, %		Сульфіди, %		Оксиди, %	
	Іноку- лятор	Злиток ЕШП	Іноку- лятор	Злиток ЕШП	Іноку- лятор	Злиток ЕШП	Іноку- лятор	Злиток ЕШП
Відкрита виплавка	0,041	0,008 – 0,017	0,006	0,0070 – 0,0121	0,063	0,014 – 0,043	0,028	0,013 – 0,057
ЕШП	0,004	0,004	0,0038	0,005 – 0,0109	0,002	0,001 – 0,003	0,007	0,014 – 0,035

Незалежно від чистоти металу інокуляторів електрошлаковий метал насичений киснем і оксидними включеннями, що пов'язано із внесенням в рідкий метал кисню з поверхні інокуляторів. Збільшення вмісту кисню і оксидів в електрошлаковій сталі, виплавленої із застосуванням холодильників, відбувається за рахунок збільшення дрібнодисперсних оксидів.

2. ТЕХНОЛОГІЯ І ОБЛАДНАННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СВЕРДЛА ПЕРОВОГО

2.1 Обґрунтування і вибір технологічного процесу

З метою зменшення технологічних переходів і економії металу, отримувати деталі в даній роботі запропоновано із застосуванням електрошлакового кокільного лиття.

Затвердіння вилівка у кокілью забезпечує більш високу щільність металу, направлену кристалізацію та більш високі механічні властивості у порівнянні зі злитками, отриманими у піщаній формі [4].

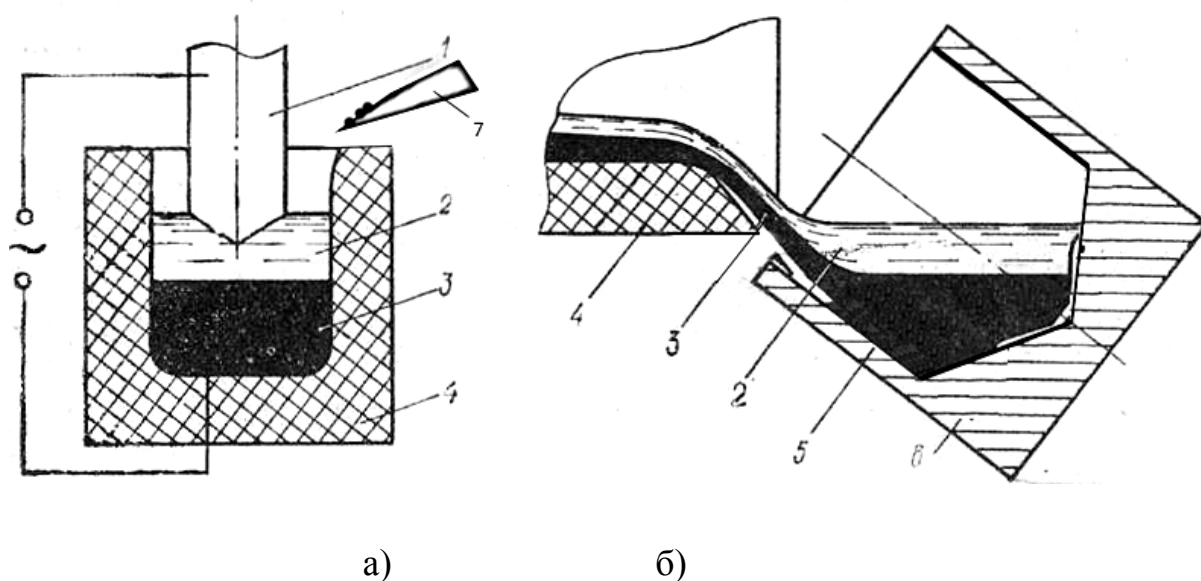
2.2 Технологія електрошлакового кокільного лиття

Електрошлакове кокільне лиття (ЕШКЛ) – двостадійний процес. Спочатку в електрошлаковій тигельній печі отримують рідкий електрошлаковий метал, а потім заливають його в кокіль разом зі шлаком, використаним при плавці (рис. 2.1) [3].

Конструкція кокілью дозволяє отримати зливоч, який за геометрією відповідає формі деталі, що дозволяє уникнути операції кування.

Невитратний графітовий електрод, занурений в шлакову ванну. Стружка плавиться за рахунок тепла, що виділяється зі шлаку при проходженні через нього електричного струму [5].

Розплавлений метал стружки у вигляді крапель опускається через шлак в металеву ванну. У процесі плавки метал активно взаємодіє зі шлаком. Через що упереплавленому металі значно знижується вміст шкідливих домішок, газів і неметалевих включень. Це дає можливість отримати методом ЕКЛ метал високої якості.



а) - накопичення рідкого електрошлакового металу в тиглі;
 б) - заливка електрошлакового металу в кокіль разом зі шлаком;
 1 - електрод, що витрачається; 2 - шлак; 3 - метал; 4 - тигель; 5 -
 кокіль; 6 - гарнісаж, 7 - стружка Р18.

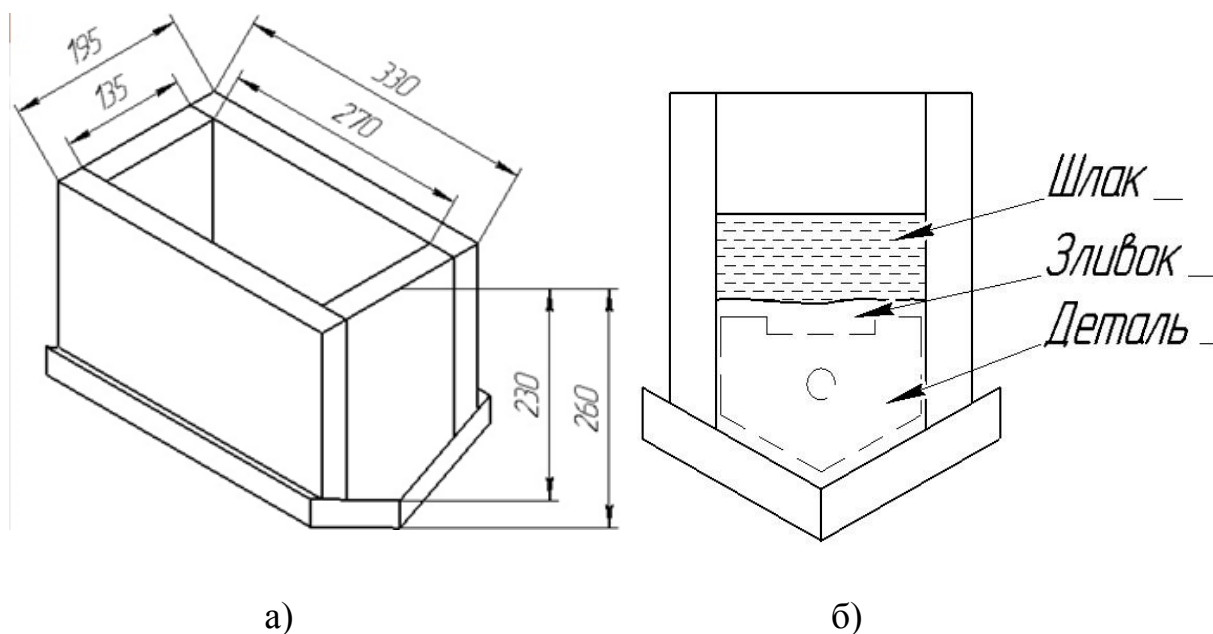
Рисунок 2.1 - Схема ЕШКЛ.

В кінці плавки в електрошлаковій тигельній печі виплавлений метал знаходиться під шаром рідкого шлаку. При повороті тиглю, в кокіль першим потрапляє шлак. Слідом за першою порцією шлаку тече струмінь металу, покритий зверху ламінарним потоком шлаку. Метал, який потрапляє у кокіль, витісняє останній. Шлак по мірі переміщення від низу до верху покриває стінки форми гарнісажем. Після заповнення форми розплавом шлак опиняється у її верхній частині і обігриває вилівок в процесі кристалізації. Обігрів головної частини виливки шлаком запобігає виникненню в ній закритою усадочної раковини [6]. При цьому досягається мінімальна її глибина.

Конструктивні елементи кокілю виготовлено із листа Ст.3 товщиною 30 мм (рис. 2.2 і рис. 2.3). Товщина стінок кокілю - 30 мм обрана з необхідних умов охолодження металу.



Рисунок 2.2 – Кокіль



а) Схема кокілю;

б) Схема формування зливка

Рисунок 2.3 – Схема кокілю та формування зливка

Відомо, що інтенсивне охолодження з литого стану литої сталі P18 сприяє формуванню дрібнозернистої структури зливка. Однак таке охолодження допустимо до температури 500°C . Далі процес охолодження протікає з мартенситним перетворенням і супроводжується інтенсивним зростанням внутрішнього напруження, що може привести до руйнування зливка. Тому, з урахуванням теплоємності пластин і попереднього підігріву

кокілю до 100 °С, навіть при затримці вилучення зливка із кокілю, його температура не знизиться нижче 600 °С.

Для забезпечення високого ступеня десульфування необхідно застосовувати високоосновні шлаки і в першу чергу із великим вмістом оксиду кальцію (CaO) та магнію MgO.

При отриманні зливків використовували флюс АН-295, табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Флюси АН-295[4]

Марка флюсу	Масова частка компонента, %					Температура плавлення, °С
	CaF ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₂	
АН-295	14	53	28	5	-	1300-1380

Електрошлакове лиття свердла проводили на установці А-550. Джерело живлення установки - трансформатор ТШС-3000-1.

Кількість флюсу визначено з обліку розмірів шлакової ванни 160 × 160 мм, при висоті шлакової ванни 40 мм з урахуванням витрат флюсу на розбризування - 3,8 кг. [6].

Стружку відходів сталі Р18 подавали на електрод на відстані 200 мм від шлакової ванни. Процес переплаву стабільний.

При досягненні температури 768 °С стружка перестає бути магнітною і рівномірно обсипається на шлакову ванну.

За традиційною технологією ЕШК у кінці плавки рекомендують робити перегрів шлакової ванни перед розливанням. Перегрів здійснюється плавним підвищенням сили струму за 1 хвилину до закінчення процесу на 300 - 400 А і витримки 1 хв.

В роботі рекомендовано відмовитися від перегріву шлакової ванни.

Запропоновано, з метою модифікування металу зливка у кінці плавки, останню порцію розігрітої стружки у кількості 0,3 – 0,4 кг струшувати у шлакову ванну при вимкненому струмі. Після чого виконувати вилівку металу.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Хімічний склад металу зливків

При вигорянні, залишки МОР, у вигляді дисперсної сажі, частково залишаються на розв'язаній поверхні стружки, та потрапляють у шлакову ванну. Досліджені зразки стружки після вигоряння МОР, відібрані над поверхнею шлакової ванни показали, що вони «сухі» і забруднені лише залишками сажі, волога та мастила відсутні. Дисперсні частинки сажі утримуються у тріщинах розв'язаної поверхні стружки та не спливають у шлаковій ванні. Дисперсність частинок сажі та високі температури сприяють її розчинності у рідкому металі. В наслідок чого, як встановлено, вміст вуглецю в отриманих зливках збільшується з 0,8 % до 1,0 – 1,1 %. Вміст інших елементів злитків відповідає хімічному складу сталі Р18. Розподіл хімічних елементів по перетину зливка однорідний, різниця у межах похибки визначення.

3.2 Структура зливка

При висоті зливка 150 мм глибина усадочної раковини не перевищує 12 мм. Характерна структура направленої кристалізації. Стовпчасті кристали, які видно на зламі зливка, загартованого з литого стану, спрямовані перпендикулярно до стінок пластини (рис. 3.1). Структура зливків однорідна. Зерно досить дрібне, що характерно для лиття в сталевий кокіль.

Чистота поверхні виливки в межах допуску на механічну обробку, що полегшує процес подальшого виготовлення свердла.

Мікроструктури металу зливків досліджували на металографічному мікроскопі МИМ-8.

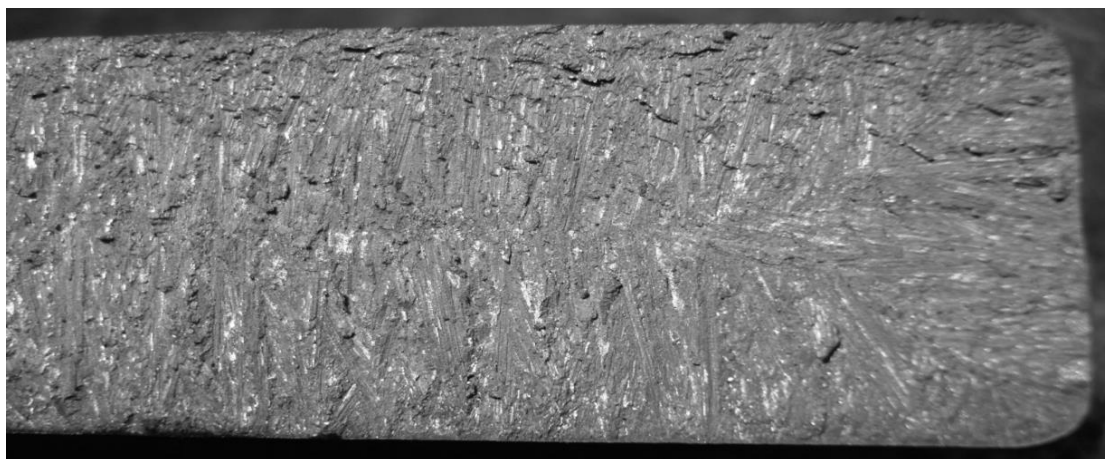


Рисунок 3.1 - Структура зламу зливка, $\times 0,5$.

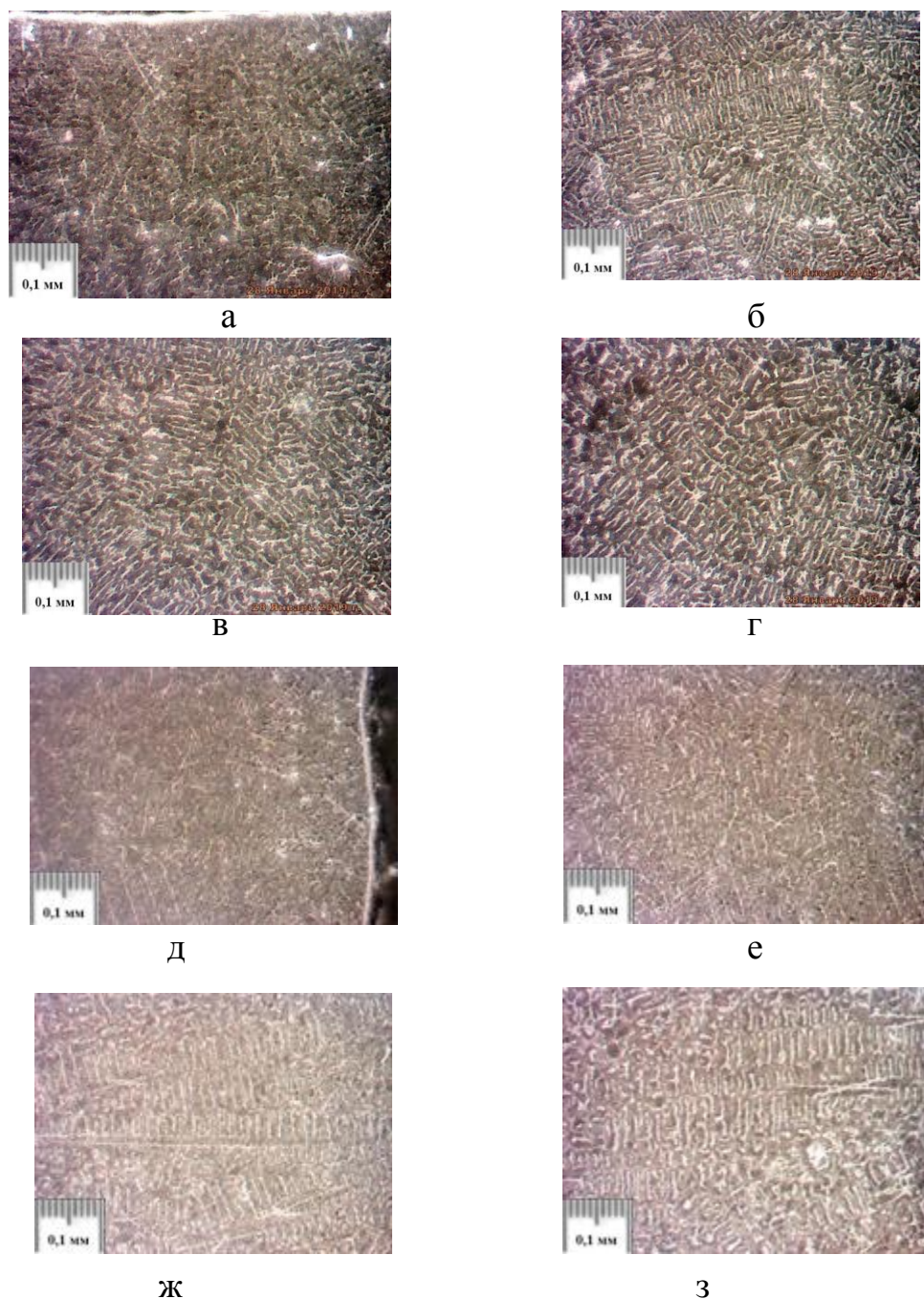
Схема відбору проб для дослідження мікроструктури литого металу наведена на рис.3.2



Рисунок 3.2 - Схема відбору проб для дослідження мікроструктури литого металу

Як видно, структура металу, отриманого без введення та із введенням інокуляторів подібна, дрібна, відсутня суцільна ледебуритна та карбідна сітка, що важливо для умов різання. Наявність суцільної замкнутої карбідної сітки збільшує крихкість [10], що приводить до викришування крайок лезового інструменту під час різання.

Мікроструктура різних зон зливка у кокіль, наведена на рис. 3.3.

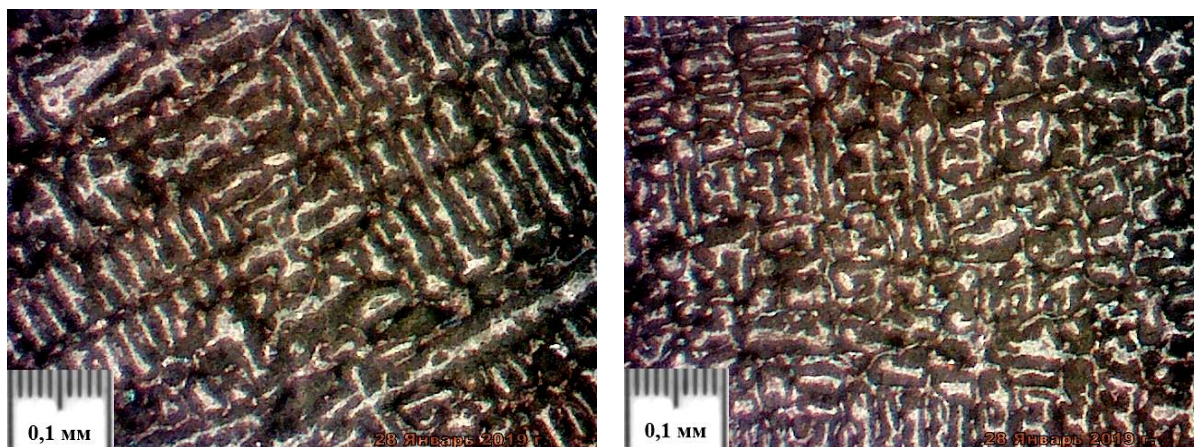


Відстань від краю: а – 3 мм; б – 10 мм; в – 15 мм; г – 20 мм.

д – 3 мм; е – 10 мм; ж – 15 мм; з – 20 мм

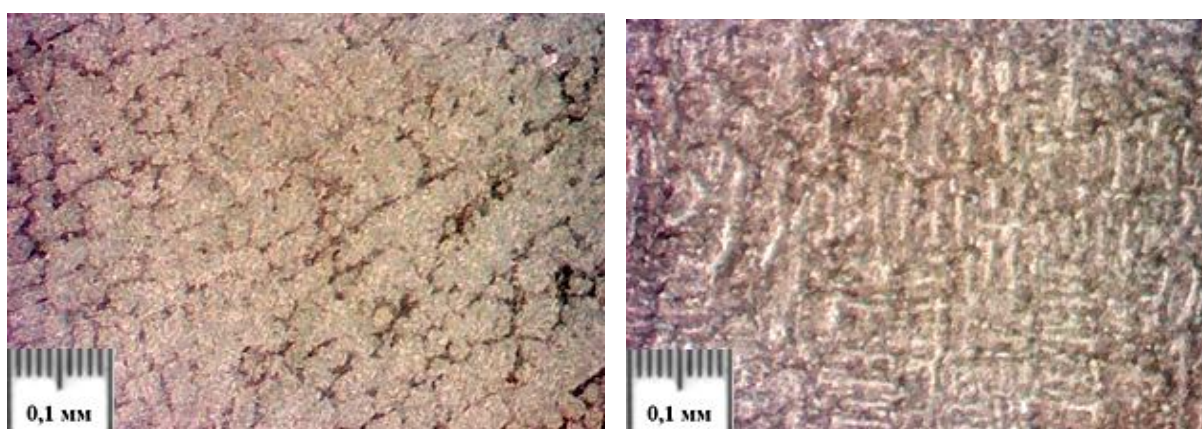
Рисунок 3.3 - Мікроструктура зони різання зливка(край).(а –г) без інокуляторів, (д – з) із введенням інокуляторів.

На відстані 30 мм (рис. 3.4, а) спостерігається більш грубе зерно направленої кристалізації, а у центральній частині (рис. 3.4, б) дезорієнтовані зерна оточені карбідною сіткою.



а

б



в

г

а – відстань від краю 40 мм; б – центр зливка;

в – відстань від краю 40 мм; г – центр зливка;

Рисунок 3.4 - Мікроструктура центральної частини зливка.(а, б) без інокуляторів, (в, г) із введенням інокуляторів.

Таблиця 3.1 – Відстань між всіяма дендритів II порядку у дендритної структури електрошлакового металу.

Спосіб виплавлення електрошлакового металу	Відстань між всіяма дендритів II порядку, у залежності від віддаленості одкраю зливка					
	3 мм	10 мм	15 мм	20 мм	40 мм	Центр зливка
Без інокуляторів	0,004	0,007	0,0095	0,0107	0,035	0,025
З інокуляторами	0,00375	0,0064	0,0085	0,008	0,02	0,015

На проміжку до ~30 мм від робочої кромки свердла відстань між вісями дендритів II порядку, при використанні інокуляторів, трохи менша, чим при виплавленні без інокуляторів. На відстані з 40 мм від робочої кромки свердла розмір між вісями дендритів II порядку зменшуються більш суттєво (табл. 3.1). Це можна пояснити меншим відведенням тепла у стінку кокілю.

Отримані результати добре корелюються з літературними даними (табл. 1.4)[9]. Більш суттєве зменшення розмірів між вісями II порядку можна пояснити відсутністю постійного підігріву металу при русі фронту кристалізацій у процесі плавлення витратного електроду, за схемою переплаву застосованій у наведених досліджах [9].

3.3 Термічна обробка литого металу

Операція термічної обробки полягає в ізотермічному відпалі зливка заготовки після лиття при температурі 900 - 950^oС, витримка 3 години, охолодження до 730 – 750^oС, витримка 3 години і наступному охолодженні із піччю [2]. Твердість зливка після відпалу становила НВ 240 – 260.

Мікроструктура сталі після відпалу представляла собою сорбітоподібний перліт з сіткою ледебуріту комірчастої форми. У деяких місцях центральної частини зливка спостерігається розірвана сітка евтектики.

На першому етапі досліджень гартування деталей проводилось за загальноприйнятою технологією при температурі 1260-1280^oС. Однак отримано низьку твердість близько 40 HRC. Проведений хімічний аналіз показав збільшення вуглецю в зливку з 0,8 % до 1,0-1,1 %. З огляду на підвищений вміст вуглецю в зливку, в роботі було запропоновано підвищити $T_{\text{гарт}}$ до 1300-1350^oС. В результаті твердість після гартування склала 48-59 HRC (табл. 3.2). Остаточна термічна обробка полягала в трикратному відпуску. Температура першого відпуску становила 600^oС, а наступні

проводились за температурою 570⁰С. В результаті твердість підвищилася до 61-65 HRC (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 - Твердість виробів після термічної обробки

№ проби	Твердість, HRC			
	Після гарту	Після 1-го відпуску	Після 2-го відпуску	Після 3-го відпуску
1	58	59	61	61,5
2	48	57	62	63
3	50	57,5	59,5	61
4	53	58	63	64

3.4 Випробування інструменту

3.4.1 Випробування інструменту при різанні суцільного металу

Випробування ріжучих властивостей дослідної партії інструменту проводили при свердлінні отворів діаметром 95 мм на токарному верстаті ДИП-300 у поковках зі сталі 09Г2С.

Результати випробувань показали, що характер зносу робочої кромки дослідного свердла, за умов однакових режимів різання, аналогічний зносу свердла виготовленого з кованого металу сталі Р18 за однаковий час різання. Переточування дослідного свердла не вплинуло на його різальну здатність.

Свердла виготовлені із відходів сталі Р18 у вигляді стружки методом електрошлакового кокільного лиття за експлуатаційними показниками рівноцінні свердлам із прокату сталі Р18.

3.4.2 Випробування інструменту при різанні не суцільного металу

Випробування ріжучих властивостей дослідної партії інструменту

проводили при свердлінні отворів діаметром 95 мм на токарному верстаті ДИП-300 у литих зі сталі 09Г2С без видалення усадочної раковини.

Результати випробувань показали, що характер зносу робочої кромки дослідного свердла, за умов однакових режимів різання, аналогічний зносу свердла виготовленого з литого металу без введення інокуляторів. Переточування дослідного свердла не вплинуло на його різальну здатність. Кількість поломок інструменту по тілу свердла зменшилося на 30 %.

ВИСНОВКИ

В процесі виконання роботи доведена можливість підвищення працездатності литого інструменту свердла перового отриманого електрошлаковим переплавом відходів сталі P18 у вигляді стружки за рахунок модифікування структури нагрітою стружкою P18 та оптимізації режимів термічної обробки отриманих деталей.

Встановлено, що модифікування структури зливка введенням інокуляторів у вигляді нагрітої стружки відбувається зменшення розмірів карбідної сітки у центральній частині зливків кокільного лиття.

Встановлено, що через згоряння залишків мастильно-охолоджуючих рідин стружки на ній залишається дрібнодисперсні залишки вуглецю у вигляді сажі. За рахунок цього, при електрошлаковому переплаві з використанням графітового електроду відбувається збільшення вмісту вуглецю у зливках кокільного лиття з 0,8 до 1,0-1,1 %.

Встановлено, що при термічній обробці такого литого металу доцільно підвищити температуру гартування до 1300 – 1350^oС.

Встановлено, що для зменшення кількості залишкового аустеніту у загартованих заготовок проводити відпуск не менше трьох разів. Температура першого відпуску 600^oС протягом години. Наступні два відпуски слід проводити при температурі 550-570^oС. В результаті чого твердість підвищилася до 61-65 HRC.

Зменшений розмір карбідної сітки центральної частини зливка та призначені режими термічної обробки забезпечили зростання стійкості та працездатності свердла перового при свердленні металу із неоднорідною структурою. Встановлено, що модифікування структури зливка введенням інокуляторів у вигляді нагрітої стружки відбувається зменшення розміру між вісями II порядку у центральній частині зливків кокільного лиття з 0,025 мм до 0,015 мм.

Проведено випробування інструменту у виробничих умовах. При

свердленні литих заготовок по залишкам усадочної раковини, кількість поломок інструменту по тілу свердла зменшилася на 30 %. Результати роботи впроваджено.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сердюков, А.В. Электрошлаковый переплав в инструментальном хозяйстве завода [Текст] /А.В. Сердюков; – Донецк: Донбасс, 1971. – 79 с.
2. Гуляев, А.П. Металловедение [Текст] /А.П. Гуляев;-М.: Машиностроение, 1981. – 541с.
3. Электрошлаковая тигельная плавка и разливка металла [Текст] / Медовар Б. И., Шевцов В. Л., Мартын В. М. и др.; под ред. Патона Б. Е., Медовара Б. И. —К.: Наук, думка, 1988.—216 с.
4. Патон, Б. Е. Электрошлаковая технология [Текст]/ Б.Е.Патон Б. И. Медовар, Г. А. Бойко;-К.:ОБЩЕСТВО «ЗНАНИЕ» 1970.-65 с.
5. Медовара, Б. И. Тепловые процессы при электрошлаковом переплаве [Текст] / Под ред. Медовара Б.И. — К.: Наук, думка, 1978. — 304 с.
6. Глебов, А.Г. Электрошлаковый переплав [Текст] / А.Г.Глебов, Е.И. Мошкевич; - М.: Metallurgy, 1985.- 343 с.
7. Шебеко, Л.П. Оборудование и технология автоматической и полуавтоматической сварки [Текст] / Л.П. Шебеко; -М.: Высш. школа, 1981.- 296 с.
8. Цукерман, М.Б. Источники питания сварочной дуги и электрошлакового процесса [Текст] / М.Б. Цукерман; -М.: Высш. школа, 1980.- 238 с
9. Metallurgy электрошлакового процесса [Текст]/ Медоваров Б.И., Цыкуленко А.К., Швецов В.Л., и др.; под.ред Патона Б.Е., Медовара Б. И. — К.: Наук, думка, 1986. — 248 с.
10. Ревис, И.А. Структура и свойства литого режущего инструмента [Текст] / И.А. Ревис, Т.А. Лебедев; - Л.:Машиностроение, 1972. – 125 с.
11. Утилізація стружки Р18 електрошлаковим методом/ Бережний

С.П., Капустян О.Є., Фетісов Р.Ю. //PolyWeld-2019. – 2019. – С.26

12. Дослідження структури та властивостей інструменту, виготовленого зі стружки сталі Р18 литтям у кокіль / Бережний С.П., Кононенко А.В., Фетісов Р.Ю. // XIV Міжнародної науково-технічної конференції. – 2019.