



УКРАЇНА

(19) UA (11) 5613 (13) C1

(505) C 21 D 9/22, C 21 D 1/663

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ГАРТУВАННЯ ШТАМПА

1

(20) 94260744, 31.03.93

(21) 4946254/02

(22) 17.06.91, SU

(46) 28.12.94, Бюл. № 7-1

(56) 1. Ю.А.Геллер. "Инструментальные стали", М., Металлургия, 1968, с.307-308.

2. А.С. № 1576578, кл. С 21 D 1/56, 1990 (прототип).

(71) Дніпропетровський інженерно-будівельний інститут

(72) Большаков Володимир Іванович, Дейненко Леонід Миколаєвич, Стьожкин Віктор Васильєвич, Баженов Сергій Миколаєвич, Кудрявцев Роман Семенович, Блейфер Роман Львович, Москаленко Людмила Іванівна, Дейненко Станіслав Миколаєвич

(73) Большаков Володимир Іванович, Дейненко Леонід Миколаєвич, UA

(57) 1. Способ закалки штампа, включающий нагрев, охлаждение в воде или водном растворе соли с температурой среды не ниже 90°C путем опускания в ванну и подъема, и отпуск, отличающийся тем, что после нагрева штамп устанавливают на стол рабочей поверхностью вверх, при опускании в ванну штамп охлаждают до достижения самым тонким сечением гравюры штампа температуры M_n , затем осуществляют подъем штампа на высоту 50-120 мм от самой глубокой точки гравюры до уровня охлаждающей среды, выдерживают до достижения самым тонким сечением гравюры температуры ($M_n + 50$), при этом подъем и опускание

2

ведут многократно до температуры M_n сечения штампа.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что проводят предварительную термическую обработку с охлаждением при опускании в ванну до достижения металлом самого тонкого сечения гравюры штампа температуры промежуточного превращения, затем осуществляют подъем штампа на высоту 50-120 мм от самой глубокой точки гравюры до уровня окружающей среды, выдерживают до повышения температуры самого тонкого сечения гравюры на 50...100°C в пределах зоны промежуточного превращения, при этом подъем и опускание ведут многократно до температуры промежуточного превращения всего сечения штампа.

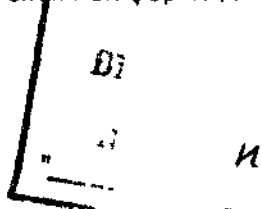
3. Способ по п.1, отличающийся тем, что охлаждение штампа из стали с малой устойчивостью аустенита проводят в водном растворе соли, имеющей в момент погружения штампа температуру 0...-20°C, а после прохождения температурного интервала минимальной устойчивости аустенита - температуру не ниже 90°C.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что охлаждение штампа из стали с малой устойчивостью аустенита в воде или водном растворе соли при температуре не ниже 90°C производят с наложением вибрации, причем наложение вибрации прекращают после прохождения температурного интервала минимальной устойчивости аустенита.

Изобретение относится к области термической обработки металлов и может быть использовано на всех машиностроительных заводах для закалки крупногабаритных изделий сложной формы, в частности штампов

и вставок горячего и холодного деформирования.

Известен способ закалки штампов, при котором нагретые до температуры закалки штампы сначала подсушивают на воздухе



(19) UA (11)

(13) C1

до температуры 750–780°C, а затем охлаждают в масле, имеющем температуру не выше 70–75°C, выдерживают в масле до температуры металла 100–150°C и затем переносят в печь для отпуска (Ю.А. Геллер. "Инструментальные стали". М., Metallurgia, 1968, с.307–308).

Недостатком известного способа является большое количество канцерогенных продуктов, выделяющихся при сгорании масла в процессе закалки и отпуска штампов, высокая пожароопасность процесса и частое отсутствие требуемой твердости и прокаливаемости штампа из-за несоответствия химического состава марочному, а также вероятность растрескивания крупных штампов с глубокой гравюрой.

Наиболее близким по технической сущности заявляемому способу является способ термической обработки крупногабаритных изделий (а.с. СССР № 1576578, С 21 D 1/56, БИ № 25, 1990 г.). Способ включает нагрев, опускание в ванну с температурой охлаждающей среды (вода или водный раствор соли) не ниже 90°C и отпуск.

Недостатком известного способа является то, что этим способом невозможно осуществить качественную закалку штампов со сложной гравюрой.

Задачей настоящего изобретения является разработка термической обработки, направленной на улучшение качества закалки штампов, особенно с нанесенной гравюрой сложной формы, за счет уменьшения вероятности образования трещин, повышения равномерности охлаждения сложной и глубокой гравюры штампа.

Сущность изобретения заключается в том, что согласно известного способа производят нагрев, охлаждение путем опускания в ванну с температурой охлаждающей среды (вода или водный раствор соли) не ниже 90°C и отпуск, а согласно предлагаемого: после нагрева штамп устанавливают на стол рабочей поверхностью вверх, при опускании в ванну штамп охлаждают до достижения самым тонким сечением гравюры штампа температуры M_n , затем осуществляют подъем штампа на высоту 50...120 мм от самой глубокой точки гравюры до уровня охлаждающей среды, выдерживают до достижения самым тонким сечением гравюры температуры $(M_n + 50)$, при этом подъем и опускание ведут многократно до температуры M_n сечения штампа. С целью измельчения структуры литых штампов проводят предварительную термообработку с охлаждением при опускании в ванну до достижения металлом самого тонкого сечения гравюры штампа температуры промежуточ-

ного превращения, затем осуществляют подъем штампа на высоту 50...120 мм от самой глубокой точки гравюры до уровня охлаждающей среды, выдерживают до повышения металлом самого тонкого сечения гравюры температуры на 50...100°C в пределах зоны промежуточного превращения, при этом подъем и опускание ведут многократно до температуры промежуточного превращения всего сечения штампа.

Охлаждение штампов из сталей с малой устойчивостью аустенита проводят в водном растворе соли, имеющей в момент погружения штампа температуру 0...20°C, а после прохождения температурного интервала минимальной устойчивости аустенита – температурой не ниже 90°C.

Охлаждение штампа из стали с малой устойчивостью аустенита в воде или водном растворе соли при температуре не ниже 90°C производят с наложением вибрации, причем наложение вибрации прекращают после прохождения температурного интервала минимальной устойчивости аустенита.

В известном решении при закалке штампов используют способ установки штампов на поддон рабочей поверхностью вниз. Установка штампа для закалки рабочей поверхностью вверх позволяет за счет многократных изменений уровня охладителя относительно рабочей поверхности штампа плавно выравнивать температуру гравюры и тела штампа, снижая при этом уровень закалочных напряжений, особенно при закалке штампов с нанесенной глубокой и сложной гравюрой. Кроме того, охлаждение штампа, установленного рабочей поверхностью вверх, значительно улучшает условия пароотвода, особенно из глубоких полостей гравюр сложной формы, без дополнительных затрат на создание направленной циркуляции жидкости в области гравюры. При таком способе погружения штампа в охлаждаемую жидкость облегчаются условия контроля температуры металла в самых тонких и сложных сечениях гравюры в процессе закалки и не допускается их переохлаждение ниже температуры начала мартенситного превращения.

При опускании в ванну штамп охлаждают до достижения металлом самого тонкого сечения гравюры штампа температуры M_n , затем осуществляют подъем штампа на высоту 50...120 мм от самой глубокой точки гравюры до уровня охлаждающей среды, выдерживают до достижения металлом самого тонкого сечения гравюры температуры $(M_n + 50)$, при этом подъем и опускание ведут многократно до температуры M_n сечения штампа.

Охлаждение тонких сечений гравюры штампа, естественно, происходит гораздо быстрее, чем массивного тела штампа. При охлаждении тонких сечений гравюры ниже температуры начала мартенситного превращения образовавшаяся разность температур и структур приводит к скачкообразному росту термических и структурных напряжений, и, как следствие, — к появлению трещин в металле наиболее опасных сечений. Во избежание этого охлаждать тонкие сечения гравюры необходимо до температуры начала мартенситного превращения, выравнивая температуру поверхности и глубинных слоев металла штампа за счет периодического опускания штампа в охлаждающую среду и извлечения из нее на воздух. Если тонкие сечения штампа достигнут температуры начала мартенситного превращения, и мартенситное превращение начнется, то прервав его за счет изменения положения штампа на высоту 50...120 мм от самой глубокой точки гравюры до уровня охлаждающей среды, мы прекратим образование новых порций мартенсита. При этом будет происходить разогрев металла тонких сечений гравюры за счет тепла неостывшего тела штампа и релаксация возникших структурных и термических напряжений. Если повысить температуру металла, в котором уже образовался мартенсит, более чем на 50°C , начнется процесс распада мартенсита, при котором будут образовываться карбиды, а при многократных циклах будет происходить их коагуляция, т.е. ухудшение механических свойств. Поэтому повышение температуры выше $(M_n + 50)^{\circ}\text{C}$ нецелесообразно.

Многократным изменением положения гравюры штампа относительно уровня хладагента ("купанием") производится как бы изотермическая выдержка тонких сечений гравюры и приповерхностных слоев металла штампа при температуре $M_n... (M_n + 50)^{\circ}\text{C}$. Чем больше будет циклов купания, тем на большую глубину во внутрь тела штампа металл достигнет температуры M_n . Когда в этих слоях металла произойдет мартенситное превращение примерно одновременно, то возникнут сжимающие напряжения, очень благоприятные для работоспособности штампа. На последующих стадиях процесса закалки или уже последующего отпуска внутренние слои металла, состоящие из нераспавшегося мартенсита, достигнут температуры M_n и в них начнется мартенситное превращение. При этом в теле штампа возникнет момент перераспределения напряжений, в котором от соотношения величин напряжений зависит целостность

штампа его работоспособность. Поверхностные слои металла, претерпевшего в первую очередь мартенситное превращение, испытывают напряжения сжатия, а внутренний объем металла, претерпевающий мартенситное превращение на заключительном этапе термообработки, дает растягивающие напряжения. Если внешняя оболочка, дающая сжимающие напряжения, будет достаточно мощная, то при мартенситном превращении глубинных объемов, дающих напряжения растяжения, в результате суммирования на поверхности штампа остаются все же сжимающие напряжения по сравнению с первоначальным значением. Исходя из этих теоретических предпосылок, экспериментальным путем и были определены величины зон металла со стороны гравюры, первоначально претерпевающих мартенситное превращение. Для мелких штампов (согласно общепринятым нормам, малыми штампами здесь и далее считали штампы и вставки, масса падающей части молота которых составляет 0,6–1,0 т, а габаритные размеры находятся в пределах: высота — 150–400 мм, ширина — 350–450 мм, длина — 380–670 мм. К крупным штампам относили те, размеры которых превышали указанные (максимальные) со сложной и глубокой гравюрой этот слой металла должен быть не менее 50 мм ниже самой глубокой точки гравюры, а для самых крупных штампов — не менее 120 мм. Эксперименты показали, что если эти слои будут меньше указанных величин, то увеличивается время разогрева поверхностного слоя металла в самой глубокой части гравюры до температуры $(M_n + 50)^{\circ}\text{C}$, но за это время другие поверхности гравюры, имеющие меньшую глубину, перегреваются на $100\text{--}150^{\circ}\text{C}$ выше M_n и их конечная твердость и стойкость становится неудовлетворительной. Увеличение же величины слоя металла, поднимаемого над уровнем жидкости выше указанных размеров, приводит к быстрому разогреву поверхности металла самой глубокой части гравюры, но при этом к еще большему перегреву поверхности гравюры, имеющей меньшую глубину полостей.

Таким образом, изменяя положение поверхности штампа относительно зеркала ванны на разную высоту (50–120 мм в зависимости от типоразмера), создаются условия для выравнивания температуры металла этого слоя до M_n и практически одновременного протекания в нем мартенситного превращения. Такой защитный слой металла с мартенситной структурой предохраняет гравюру сложной формы от разрушения и

полностью погружали в охладитель. Поднимание и опускание штампа проводили 17 раз до достижения центром тела штампа температуры 230°C. После этого штампы переносили в отпускную печь, нагретую до 250°C, загружали изделие и нагревали до температуры 420°C с последующей выдержкой.

Для сравнения с предлагаемым способом 6 штамповых кубиков с гравюрой (вилка кардана) из стали 5ХНМ размером 450х600х400 мм закаливали по способу-прототипу. Отпуск проводили в одинаковых условиях с изделиями, обработанными по предлагаемому способу. Результаты замеров твердости на рабочей поверхности и в центре, а также стойкостных испытаний приведены в таблице.

Пример 2.

Литые штампы из стали 5ХНМ для изготовления вилки кардана автомобиля "Урал" размером 450х600х400 мм закаливали в закалочном баке с водным раствором бишофита (50%), имеющим температуру 93°C.

Сначала проводили предварительную термообработку по следующему режиму:

Температура нагрева штампа 880°C. Охладитель – водный раствор бишофита (50%), температура 93–95°C.

Нагретый до температуры закалки штамп устанавливали на рабочий стол рабочей поверхностью вверх и полностью опускали в закалочную среду. Температуру тонких сечений гравюры и тела штампа контролировали с помощью зачеканенных термомпар. При достижении тонкими сечениями гравюры штампа температура 380°C, соответствующей зоне промежуточного превращения для данной стали, штамп приподнимали таким образом, что уровень охладителя был на 100 мм ниже самой глубокой точки гравюры (максимальная глубина гравюры 50 мм). Оставшуюся в полости гравюры воду удаляли струей сжатого воздуха. После того, как температура тонкого сечения гравюры поднялась до 500°C, штамп вновь погружали полностью в охладитель. Поднимали и опускали штамп 12 раз.

Когда температура центра тела штампа снизилась до 380°C, штамп перенесли в закалочную печь и нагрели до температуры закалки 860°C.

После нагрева штамп вновь установили на рабочий стол рабочей поверхностью вверх и полностью опустили в закалочную среду. При достижении тонким сечением гравюры штампа температуры 230°C, штамп подняли таким образом, чтобы уровень охладителя был на 100 мм ниже самой глубокой точки гравюры. После того, как

температура тонкого сечения гравюры поднялась до 275–280°C, штамп вновь полностью погружали в охладитель. Поднимали и опускали штамп 17 раз. Затем штамп был подвергнут отпуску. Результаты испытаний штампов приведены в таблице.

Пример 3.

Фигурные пуансоны для пробивания отверстий в толстолистовом металле имеют размер массивной части 30–40 мм. Изготовлены из стали У13. Нагрев проводили в соляной ванне до температуры 790°C. Охлаждение осуществляли в растворе бишофита 50% концентрации, имеющем температуру -3°C. Снижение температуры хладагента до -3°C производили за счет добавления жидкого азота в закалочную ванну. Через 5–7 секунд после опускания пуансона в хладагент включались электронагреватели, расположенные в донной и пристенных частях закалочной емкости. Это необходимо для повышения температуры охлаждающей жидкости, которая после прохождения зоны минимальной устойчивости аустенита к моменту достижения закаливаемым металлом температуры мартенситного превращения, должна быть $\geq 90^\circ\text{C}$. При достижении самым тонким сечением рабочей части пуансона температуры M_n (120°C) пуансон поднимали над уровнем ванны на 50 мм ниже поверхности, делали выдержку для подъема температуры самого тонкого сечения рабочей части пуансона до 165–170°C и опять опускали в закалочную среду. Купание повторяли несколько раз до достижения массивной частью пуансона температуры M_n . Затем изделие подвергали отпуску при 270°C. Замеры твердости, приведенные в таблице, удовлетворяли нормативным требованиям.

Пример 4.

Фигурные пуансоны из стали У13 диаметром 30 мм нагревали до 790°C, охлаждали в закалочной ванне с раствором 50% концентрации бишофита, имеющем температуру 95°C. Закалочный бак имеет промышленный электромагнитный вибратор (изготовитель – завод "Виброприбор", г. Таганрог), который включался до погружения пуансонов в охлаждающую среду и выключался по достижении металлом температуры 450°C. После этого изделие охлаждалось в растворе бишофита до достижения самым тонким сечением рабочей части пуансона температуры 120°C (M_n), затем извлекались из хладагента на 50 мм ниже самого тонкого сечения рабочей поверхности. Когда температура поверхности повышалась на 50°C,

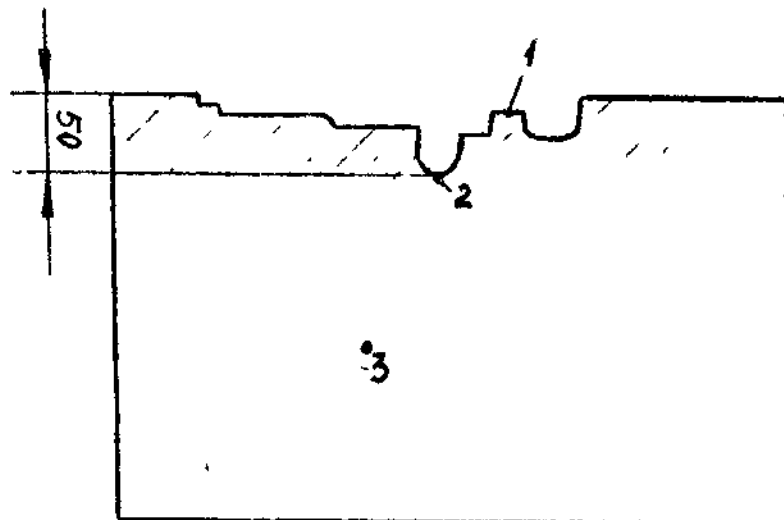
вновь опускались полностью в охладитель. Купание повторялось несколько раз до достижения массивной частью пуансона температуры 120°C. Отпуск проводили при температуре 270°C. Результаты замеров 5 твердости приведены в таблице.

Ожидаемый экономический эффект только от повышения стойкости штампов горячего деформирования на 30% по сравнению со способом-прототипом составит в условиях Челябинского кузнечно-прессового завода 900 тыс. руб. в год.

Режим обработки изделий	Твердость, НРС		Время, отработанное штампом при стойкостных испытаниях	Примечания
	рабочей поверхности штампа	центральных объемов металла		
Способ-прототип				
Штамп устанавливали рабочей поверхностью вниз, закаливали в водном растворе бишофита (50%), температура 93°C, отпуск 420°C	56-59	45-46	—	Трещина на гравюре, неисправимый брак
Заявляемый способ				
1. Кованый штамп установлен рабочей поверхностью вверх, охладитель-водный р-р (50%) бишофита ($t \geq 98^\circ\text{C}$), охлаждение до тонкого сечения гравюры (ТСГ) 230°C, подъем штампа — охладитель ниже на 100 мм самой глубокой точки гравюры, повышение температуры ТСГ до 275°C, опускание штампа в охладитель и цикл повторяется 17 раз до снижения температуры центра штампа до 230°C. Отпуск 420°C	49-50	43-44	28 (3,5 смены)	
2. То же, кроме $t_{\text{ТСГ}} = 210^\circ\text{C}$	54-56	—	—	Трещины на гравюре штампа, неисправимый брак
3. То же, кроме $t_{\text{ТСГ}} = 250^\circ\text{C}$	43-44	49-50	14 (1,9 смены)	Стойкость ниже, чем после закалки в масло
4. Литой штамп после предварительной обработки устанавливали рабочей поверхностью вверх, охлаждали в водном р-ре бишофита (50%), $t = 98^\circ\text{C}$, охлаждение до $t_{\text{ТСГ}} = 230^\circ\text{C}$	51-52	44-45	24 (3 смены)	
5. Литой штамп обработан по способу-прототипу	51-54	45-47	12 (1,5 смены)	Трещины, низкая ударная вязкость
6. Пуансон из стали В13 диаметром 300 мм, нагревали до 790°C, охлаждали в р-ре бишофита 30% концентрации, $t = 95^\circ\text{C}$ Отпуск 270°C	56-58 49-51			Низкая твердость, брак

Продолжение таблицы

Режим обработки изделий	Твердость, НРС		Время, отработанное штампом при стойкостных испытаниях	Примечания
	рабочей поверхности штампа	центральных областей металла		
7. Пуансон из стали VI3, охлаждение в р-ре бишофита 30 % концентрации, температура р-ра 3 °С Отпуск 270 °С	63-64			Удовлетворяет нормативным требованиям Удовлетворяет нормативным требованиям
	56-57			
8. Пуансон из стали VI3, охлаждение в р-ре бишофита 40 % концентрации, имеющем температуру 95 °С, наложение вибрации с момента начала охлаждения до 450 °С, дальнейшее охлаждение до 120 °С без вибрации, прерывание охлаждения, разогрев тонких сечений поверхности до температуры 170 °С, многократное "купание" Отпуск 270 °С	64-65			
	57-58			—"



Упорядник

Техред М.Моргентал

Коректор А. Обручар

Замовлення 614

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Виробничо-видавничий комбінат "Патент" м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101



УКРАЇНА

(19) UA (11) 5613 (13) C1

(51) C 21 D 9/22, C 21 D 1/663

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ГАРТУВАННЯ ШТАМПА

1

(20) 94260744, 31.03.93

(21) 4946254/02

(22) 17.06.91, SU

(46) 28.12.94, Бюл. № 7-І

(56) 1. Ю.А.Геллер. "Инструментальные стали", М., Металлургия, 1968, с.307-308.

2. А.С. № 1576578, кл. C 21 D 1/56, 1990 (прототип).

(71) Дніпропетровський інженерно-будівельний інститут

(72) Большаков Володимир Іванович, Дейненко Леонід Миколаєвич, Стюжкін Віктор Васильєвич, Баженов Сергій Миколаєвич, Кудрявцев Роман Семенович, Блейфер Роман Львович, Москаленко Людмила Іванівна, Дейненко Станіслав Миколаєвич

(73) Большаков Володимир Іванович, Дейненко Леонід Миколаєвич, UA

(57) 1. Способ закалки штампа, включающий нагрев, охлаждение в воде или водном растворе соли с температурой среды не ниже 90°C путем опускания в ванну и подъема, и отпуск, отличающийся тем, что после нагрева штамп устанавливают на стол рабочей поверхностью вверх, при опускании в ванну штамп охлаждают до достижения самым тонким сечением гравюры штампа температуры M_n , затем осуществляют подъем штампа на высоту 50-120 мм от самой глубокой точки гравюры до уровня охлаждающей среды, выдерживают до достижения самым тонким сечением гравюры температуры $(M_n + 50)$, при этом подъем и опускание

2

ведут многократно до температуры M_n сечения штампа.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что проводят предварительную термическую обработку с охлаждением при опускании в ванну до достижения металлом самого тонкого сечения гравюры штампа температуры промежуточного превращения, затем осуществляют подъем штампа на высоту 50-120 мм от самой глубокой точки гравюры до уровня окружающей среды, выдерживают до повышения температуры самого тонкого сечения гравюры на 50...100°C в пределах зоны промежуточного превращения, при этом подъем и опускание ведут многократно до температуры промежуточного превращения всего сечения штампа.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что охлаждение штампа из стали с малой устойчивостью аустенита проводят в водном растворе соли, имеющей в момент погружения штампа температуру 0...-20°C, а после прохождения температурного интервала минимальной устойчивости аустенита - температуру не ниже 90°C.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что охлаждение штампа из стали с малой устойчивостью аустенита в воде или водном растворе соли при температуре не ниже 90°C производят с наложением вибрации, причем наложение вибрации прекращают после прохождения температурного интервала минимальной устойчивости аустенита.

Изобретение относится к области термической обработки металлов и может быть использовано на всех машиностроительных заводах для закалки крупногабаритных изделий сложной формы, в частности штампов

и вставок горячего и холодного деформирования.

Известен способ закалки штампов, при котором нагретые до температуры закалки штампы сначала подсушивают на воздухе

Ві.
и

(19) UA (11)

13

(13)

C1

до температуры 750–780°C, а затем охлаждают в масле, имеющем температуру не выше 70–75°C, выдерживают в масле до температуры металла 100–150°C и затем переносят в печь для отпуска (Ю.А.Геллер. "Инструментальные стали". М., Металлургия, 1968, с.307–308).

Недостатком известного способа является большое количество канцерогенных продуктов, выделяющихся при сгорании масла в процессе закалки и отпуска штампов, высокая пожароопасность процесса и частое отсутствие требуемой твердости и прокаливаемости штампа из-за несоответствия химического состава марочному, а также вероятность растрескивания крупных штампов с глубокой гравюрой.

Наиболее близким по технической сущности заявляемому способу является способ термической обработки крупногабаритных изделий (а.с. СССР № 1576578, С 21 D 1/56, БИ № 25, 1990 г.). Способ включает нагрев, опускание в ванну с температурой охлаждающей среды (вода или водный раствор соли) не ниже 90°C и отпуск.

Недостатком известного способа является то, что этим способом невозможно осуществить качественную закалку штампов со сложной гравюрой.

Задачей настоящего изобретения является разработка термической обработки, направленной на улучшение качества закалки штампов, особенно с нанесенной гравюрой сложной формы, за счет уменьшения вероятности образования трещин, повышения равномерности охлаждения сложной и глубокой гравюры штампа.

Сущность изобретения заключается в том, что согласно известному способу производят нагрев, охлаждение путем опускания в ванну с температурой охлаждающей среды (вода или водный раствор соли) не ниже 90°C и отпуск, а согласно предлагаемого: после нагрева штамп устанавливают на стол рабочей поверхностью вверх, при опускании в ванну штамп охлаждают до достижения самым тонким сечением гравюры штампа температуры M_n , затем осуществляют подъем штампа на высоту 50...120 мм от самой глубокой точки гравюры до уровня охлаждающей среды, выдерживают до достижения самым тонким сечением гравюры температуры $(M_n + 50)$, при этом подъем и опускание ведут многократно до температуры M_n сечения штампа. С целью измельчения структуры литых штампов проводят предварительную термообработку с охлаждением при опускании в ванну до достижения металлом самого тонкого сечения гравюры штампа температуры промежуточ-

ного превращения, затем осуществляют подъем штампа на высоту 50...120 мм от самой глубокой точки гравюры до уровня охлаждающей среды, выдерживают до повышения металлом самого тонкого сечения гравюры температуры на 50...100°C в пределах зоны промежуточного превращения, при этом подъем и опускание ведут многократно до температуры промежуточного превращения всего сечения штампа.

Охлаждение штампов из сталей с малой устойчивостью аустенита проводят в водном растворе соли, имеющей в момент погружения штампа температуру 0...–20°C, а после прохождения температурного интервала минимальной устойчивости аустенита – температуру не ниже 90°C.

Охлаждение штампа из стали с малой устойчивостью аустенита в воде или водном растворе соли при температуре не ниже 90°C производят с наложением вибрации, причем наложение вибрации прекращают после прохождения температурного интервала минимальной устойчивости аустенита.

В известном решении при закалке штампов используют способ установки штампов на поддон рабочей поверхностью вниз. Установка штампа для закалки рабочей поверхностью вверх позволяет за счет многократных изменений уровня охладителя относительно рабочей поверхности штампа плавно выравнивать температуру гравюры и тела штампа, снижая при этом уровень закалочных напряжений, особенно при закалке штампов с нанесенной глубокой и сложной гравюрой. Кроме того, охлаждение штампа, установленного рабочей поверхностью вверх, значительно улучшает условия пароотвода, особенно из глубоких полостей гравюр сложной формы, без дополнительных затрат на создание направленной циркуляции жидкости в области гравюры. При таком способе погружения штампа в охлаждаемую жидкость облегчаются условия контроля температуры металла в самых тонких и сложных сечениях гравюры в процессе закалки и не допускается их переохлаждение ниже температуры начала мартенситного превращения.

При опускании в ванну штамп охлаждают до достижения металлом самого тонкого сечения гравюры штампа температуры M_n , затем осуществляют подъем штампа на высоту 50...120 мм от самой глубокой точки гравюры до уровня охлаждающей среды, выдерживают до достижения металлом самого тонкого сечения гравюры температуры $(M_n + 50)$, при этом подъем и опускание ведут многократно до температуры M_n сечения штампа.

Охлаждение тонких сечений гравюры штампа, естественно, происходит гораздо быстрее, чем массивного тела штампа. При охлаждении тонких сечений гравюры ниже температуры начала мартенситного превращения образовавшаяся разность температур и структур приводит к скачкообразному росту термических и структурных напряжений, и, как следствие, — к появлению трещин в металле наиболее опасных сечений. Во избежание этого охлаждать тонкие сечения гравюры необходимо до температуры начала мартенситного превращения, выравнивая температуру поверхности и глубинных слоев металла штампа за счет периодического опускания штампа в охлаждающую среду и извлечения из нее на воздух. Если тонкие сечения штампа достигнут температуры начала мартенситного превращения, и мартенситное превращение начнется, то прервав его за счет изменения положения штампа на высоту 50...120 мм от самой глубокой точки гравюры до уровня охлаждающей среды, мы прекратим образование новых порций мартенсита. При этом будет происходить разогрев металла тонких сечений гравюры за счет тепла неостывшего тела штампа и релаксация возникших структурных и термических напряжений. Если повысить температуру металла, в котором уже образовался мартенсит, более чем на 50°C , начнется процесс распада мартенсита, при котором будут образовываться карбиды, а при многократных циклах будет происходить их коагуляция, т.е. ухудшение механических свойств. Поэтому повышение температуры выше $(M_n + 50)^{\circ}\text{C}$ нецелесообразно.

Многократным изменением положения гравюры штампа относительно уровня хладагента ("купанием") производится как бы изотермическая выдержка тонких сечений гравюры и приповерхностных слоев металла штампа при температуре $M_n... (M_n + 50)^{\circ}\text{C}$. Чем больше будет циклов купания, тем на большую глубину во внутрь тела штампа металл достигнет температуры M_n . Когда в этих слоях металла произойдет мартенситное превращение примерно одновременно, то возникнут сжимающие напряжения, очень благоприятные для работоспособности штампа. На последующих стадиях процесса закалки или уже последующего отпуска внутренние слои металла, состоящие из нераспавшегося мартенсита, достигнут температуры M_n и в них начнется мартенситное превращение. При этом в теле штампа возникнет момент перераспределения напряжений, в котором от соотношения величин напряжений зависит целостность

штампа его работоспособность. Поверхностные слои металла, претерпевшего в первую очередь мартенситное превращение, испытывают напряжения сжатия, а внутренний объем металла, претерпевающий мартенситное превращение на заключительном этапе термообработки, дает растягивающие напряжения. Если внешняя оболочка, дающая сжимающие напряжения, будет достаточно мощная, то при мартенситном превращении глубинных объемов, дающих напряжения растяжения, в результате суммирования на поверхности штампа остаются все же сжимающие напряжения по сравнению с первоначальным значением. Исходя из этих теоретических предпосылок, экспериментальным путем и были определены величины зон металла со стороны гравюры, первоначально претерпевающих мартенситное превращение. Для мелких штампов (согласно общепринятым нормам, малыми штампами здесь и далее считали штампы и вставки, масса падающей части молота которых составляет 0,6–1,0 т, а габаритные размеры находятся в пределах: высота — 150–400 мм, ширина — 350–450 мм, длина — 380–670 мм. К крупным штампам относили те, размеры которых превышали указанные (максимальные) со сложной и глубокой гравюрой этот слой металла должен быть не менее 50 мм ниже самой глубокой точки гравюры, а для самых крупных штампов — не менее 120 мм. Эксперименты показали, что если эти слои будут меньше указанных величин, то увеличивается время разогрева поверхностного слоя металла в самой глубокой части гравюры до температуры $(M_n + 50)^{\circ}\text{C}$, но за это время другие поверхности гравюры, имеющие меньшую глубину, перегреваются на $100\text{--}150^{\circ}\text{C}$ выше M_n и их конечная твердость и стойкость становится неудовлетворительной. Увеличение же величины слоя металла, поднимаемого, над уровнем жидкости выше указанных размеров, приводит к быстрому разогреву поверхности металла самой глубокой части гравюры, но при этом к еще большему перегреву поверхности гравюры, имеющей меньшую глубину полостей.

Таким образом, изменяя положение поверхности штампа относительно зеркала ванны на разную высоту (50–120 мм в зависимости от типоразмера), создаются условия для выравнивания температуры металла этого слоя до M_n и практически одновременного протекания в нем мартенситного превращения. Такой защитный слой металла с мартенситной структурой предохраняет гравюру сложной формы от разрушения и

повышает работоспособность инструмента. В той части штампа, которая постоянно находится в хладагенте, при закалке мартенситная прокаливаемость достигает и больших глубин, но благодаря простой форме и отсутствию концентраторов напряжений, не теряя при этом своей сплошности.

В последние 5–7 лет в отечественной практике широкое распространение получает способ изготовления штампового инструмента литьем, которое затем также подвергается закалке с отпуском. Однако литая структура металла штампа после одной закалки (одна фазовая перекристаллизация) обладает низким уровнем ударной вязкости и пластичности, что сокращает срок службы штампов по сравнению с коваными и механически обработанными изделиями. Наиболее эффективным способом повышения механических свойств литого металла является термообработка, предусматривающая неоднократные нагрев и охлаждение металла ниже температуры точки A_{r1} .

В предлагаемом способе проводят предварительную термическую обработку с охлаждением при опускании в ванну до достижения металлом самого тонкого сечения гравюры штампа температуры промежуточного превращения, затем осуществляют подъем штампа на высоту 50...120 мм от самой глубокой точки гравюры до уровня охлаждающей среды, выдерживают до повышения температуры металла самого тонкого сечения гравюры на 50...100°C в пределах зоны промежуточного превращения, при этом подъем и опускание ведут многократно до температуры промежуточного превращения всего штампа.

Предварительная термообработка позволяет "купанием" тонких сечений гравюры штампа выровнять температуру штампа и во всех толщинах получить структуру промежуточного типа (бейнит). Бейнитная структура при последующей перекристаллизации обеспечивает максимальное измельчение аустенитного зерна (по сравнению с другими структурами), положительно сказывается на механических характеристиках штампа при окончательной закалке.

Изменение положения опущенного штампа до уровня на 50–120 мм ниже самой глубокой точки гравюры после достижения ею температуры промежуточного превращения замедлит образование бейнитной структуры. Произойдет разогрев металла тонких сечений (но не выше температурной области бейнитного превращения) за счет тепла неостывшего тела штампа и релаксация возникших структурных и термических

напряжений. Изменение положения на 50 мм – для штампов малых размеров, 120 мм – для крупных штампов.

Выдержка в таком положении необходима для повышения температуры металла самого тонкого сечения гравюры на 50–100°C в пределах зоны промежуточного превращения. Поскольку разные марки стали имеют отличающиеся по температурному интервалу зоны промежуточного превращения, температура 50°C относится к сталям с узкой зоной, а на 100°C можно повышать температуру сталей, имеющих большой бейнитный интервал, типа X12MF.

Увеличение температуры металла при выдержке на воздухе более чем на 100°C, может привести к разогреву металла за пределы зоны промежуточного превращения, что приводит к получению нежелательной структурной составляющей – перлита и к распаду ранее образовавшихся колоний бейнита.

В связи со спецификой инструментального производства в термических цехах и участках производится термическая обработка большого количества самого разнообразного инструмента из разных марок сталей. Поэтому закалочные среды в термических цехах такого типа должны быть универсальными. В случае проведения термообработки штампов, изготовленных из сталей с малой устойчивостью аустенита, например, из инструментальных сталей типа У7–13, 3Х2В, 5ХВ2С, ШХ15, 9Х2 и др., закалка изделий в водном растворе солей при температуре не ниже 90°C не обеспечивает скорость охлаждения, препятствующую протеканию перлитного превращения в металле изделия. Наличие перлита в структуре закаленных инструментальных сталей резко ухудшает их служебные характеристики.

Для обеспечения скорости охлаждения, позволяющей пройти зону минимальной устойчивости аустенита без структурных (перлитных) превращений, необходимо изделия из таких сталей охлаждать в водном растворе солей, имеющем в момент погружения изделия температуру 0...–20°C, а после прохождения температурного интервала минимальной устойчивости аустенита – температуру не ниже 90°C.

При закалке изделий из сталей с малой устойчивостью аустенита в водном растворе бишофита с температурой 0...–20°C скорость охлаждения в интервале температур минимальной устойчивости аустенита больше, чем в аналогичной закалочной среде с температурой $\geq 90^\circ\text{C}$, что позволяет избежать перлитного превращения в процессе охлаждения изделий.

Снижение температуры охлаждающего раствора ниже -20°C приводит к образованию механической смеси льда и соли, т.е. к затвердеванию раствора.

Повышение температуры растворов выше 0°C снизит скорость охлаждения в верхней температурной зоне, что приведет к невозможности без структурных (перлитных) превращений пройти зону минимальной устойчивости аустенита.

После прохождения изделием зоны минимальной устойчивости аустенита дальнейшее охлаждение должно осуществляться в водном растворе солей, имеющем температуру не ниже 90°C .

Повышение температуры охладителя от $0\ldots-20^{\circ}\text{C}$ до 90°C может осуществляться за счет разогрева охладителя металлом штампа при точном подборе массы раствора и изделия, а также за счет дополнительного подогрева охладителя в процессе закалки после прохождения изделием температурной зоны минимальной устойчивости аустенита.

С целью увеличения скорости охлаждения металла при закалке штампов в воде или водных растворах солей при температуре не ниже 90°C производят наложение вибрации на процесс охлаждения, причем наложение вибрации прекращают после прохождения металлом зоны минимальной устойчивости аустенита.

Интенсивный режим перемешивания, который имеет место при внешних вибрационных воздействиях, сопровождается значительными парожидкостными потоками, возникающими в закалочной ванне. При этом внутри жидкости образуется мощный источник перемешивания хладагента в виде роя газовых пузырьков, благодаря чему вся масса жидкости в ванне совершает интенсивное движение, чем ускоряет процесс теплообмена. В режиме виброперемешивания закалочной среды происходит возбуждение колебаний паровых пленок, образующихся на поверхности охлаждаемого изделия в режиме пленочного кипения и препятствующих отводу тепла, что приводит к более интенсивному их разрушению и отрыву от разогретой поверхности, а это, в свою очередь, способствует более полному отбору тепла. Так, например, в режиме виброперемешивания длительность охлаждения изделий в воде в 6–8 раз меньше, чем в спокойной воде.

Скорость охлаждения большая или равная критической в случае закалки штампов из сталей с малой устойчивостью аустенита, необходима только при прохождении температурного интервала, соответствующего

"носу" зоны минимальной устойчивости аустенита. Дальнейшее охлаждение с критической скоростью приведет к резкому возрастанию уровня термических и структурных напряжений, что повысит вероятность образования трещин в закаленном штампе.

Прекратив вибрационное воздействие на закалочную среду после прохождения зоны минимальной устойчивости аустенита, мы снизим скорость охлаждения в несколько раз, и дальнейшее охлаждение осуществится в спокойной воде или водном растворе солей, при температуре не ниже 90°C . При этом в закаливаемом изделии уменьшается уровень термических и структурных напряжений за счет их релаксации.

Предлагаемый способ технологичен и позволяет очень точно соблюдать любой режим закалки.

Примеры осуществления способа.

Пример 1.

Кованные штампы для изготовления вилки кардана автомобиля "Урал" в количестве 4 шт. (2 комплекта) размером $450 \times 600 \times 400$ мм из стали 5ХНМ закачивали в закалочном баке с водным раствором бишофита (50%), имеющем температуру $93\text{--}95^{\circ}\text{C}$.

Предварительно в аналогичные штампы, отработавшие свой ресурс, были зачеканены термопары (рис.) для измерения температуры металла в самом тонком сечении гравюры (1), в поверхностных слоях глубокой полости (2) гравюры и в центре тела штампа (3). На этих штампах были записаны температурные поля при закалке металла и определили время, необходимое для переохлаждения требуемых сечений металла до температуры начала мартенситного превращения и их последующего разогрева до нужной температуры ($M_n + 50$) $^{\circ}\text{C}$. Один из таких штампов после отпуска с опытными изделиями был разрезан перпендикулярно рабочей поверхности и после механической обработки и шлифовки провели замеры твердости металла по сечению кубика.

Температура нагрева опытных штампов 860°C .

Нагретый до температуры закалки штамп устанавливали на рабочий стол рабочей поверхностью вверх и полностью опускали в закалочную среду. Когда температура тонких сечений гравюры штампа (точка 1) достигала 230°C , рабочую поверхность штампа приподнимали над уровнем охладителя на 120 мм (наибольшая глубина гравюры 50 мм). Оставшуюся в полости гравюры воду удаляли струей сжатого воздуха. Когда температура самого тонкого сечения гравюры достигала $275\text{--}280^{\circ}\text{C}$, штамп вновь

полностью погружали в охладитель. Поднимание и опускание штампа проводили 17 раз до достижения центром тела штампа температуры 230°C. После этого штампы переносили в отпускную печь, нагретую до 250°C, загружали изделие и нагревали до температуры 420°C с последующей выдержкой.

Для сравнения с предлагаемым способом 6 штамповых кубиков с гравюрой (вилка кардана) из стали 5ХНМ размером 450х600х400 мм закаливали по способу-прототипу. Отпуск проводили в одинаковых условиях с изделиями, обработанными по предлагаемому способу. Результаты замеров твердости на рабочей поверхности и в центре, а также стойкостных испытаний приведены в таблице.

Пример 2.

Литые штампы из стали 5ХНМ для изготовления вилки кардана автомобиля "Урал" размером 450х600х400 мм закаливали в закалочном баке с водным раствором бишофита (50%), имеющим температуру 93°C.

Сначала проводили предварительную термообработку по следующему режиму:

Температура нагрева штампа 880°C. Охладитель — водный раствор бишофита (50%), температура 93–95°C.

Нагретый до температуры заковки штамп устанавливали на рабочий стол рабочей поверхностью вверх и полностью опускали в закалочную среду. Температуру тонких сечений гравюры и тела штампа контролировали с помощью зачеканенных термомпар. При достижении тонкими сечениями гравюры штампа температура 380°C, соответствующей зоне промежуточного превращения для данной стали, штамп приподнимали таким образом, что уровень охладителя был на 100 мм ниже самой глубокой точки гравюры (максимальная глубина гравюры 50 мм). Оставшуюся в полости гравюры воду удаляли струей сжатого воздуха. После того, как температура тонкого сечения гравюры поднялась до 500°C, штамп вновь погружали полностью в охладитель. Поднимали и опускали штамп 12 раз.

Когда температура центра тела штампа снизилась до 380°C, штамп перенесли в закалочную печь и нагрели до температуры заковки 860°C.

После нагрева штамп вновь установили на рабочий стол рабочей поверхностью вверх и полностью опустили в закалочную среду. При достижении тонким сечением гравюры штампа температуры 230°C, штамп поднимали таким образом, чтобы уровень охладителя был на 100 мм ниже самой глубокой точки гравюры. После того, как

температура тонкого сечения гравюры поднялась до 275–280°C, штамп вновь полностью погружали в охладитель. Поднимали и опускали штамп 17 раз. Затем штамп был подвергнут отпуску. Результаты испытаний штампов приведены в таблице.

Пример 3.

Фигурные пуансоны для пробивания отверстий в толстолистовом металле имеют размер массивной части 30–40 мм. Изготовлены из стали У13. Нагрев проводили в соляной ванне до температуры 790°C. Охлаждение осуществляли в растворе бишофита 50% концентрации, имеющем температуру -3°C. Снижение температуры хладагента до -3°C производили за счет добавления жидкого азота в закалочную ванну. Через 5–7 секунд после опускания пуансона в хладагент включались электронагреватели, расположенные в донной и пристенных частях закалочной емкости. Это необходимо для повышения температуры охлаждающей жидкости, которая после прохождения зоны минимальной устойчивости аустенита к моменту достижения закаливаемым металлом температуры мартенситного превращения, должна быть $\geq 90^\circ\text{C}$. При достижении самым тонким сечением рабочей части пуансона температуры M_n (120°C) пуансон поднимали над уровнем ванны на 50 мм ниже поверхности, делали выдержку для подъема температуры самого тонкого сечения рабочей части пуансона до 165–170°C и опять опускали в закалочную среду. Купание повторяли несколько раз до достижения массивной частью пуансона температуры M_n . Затем изделие подвергали отпуску при 270°C. Замеры твердости, приведенные в таблице, удовлетворяли нормативным требованиям.

Пример 4.

Фигурные пуансоны из стали У13 диаметром 30 мм нагревали до 790°C, охлаждали в закалочной ванне с раствором 50% концентрации бишофита, имеющем температуру 95°C. Закалочный бак имеет промышленный электромагнитный вибратор (изготовитель — завод "Виброприбор", г. Таганрог), который включался до погружения пуансонов в охлаждающую среду и выключался по достижении металлом температуры 450°C. После этого изделие охлаждалось в растворе бишофита до достижения самым тонким сечением рабочей части пуансона температуры 120°C (M_n), затем извлекались из хладагента на 50 мм ниже самого тонкого сечения рабочей поверхности. Когда температура поверхности повышалась на 50°C,

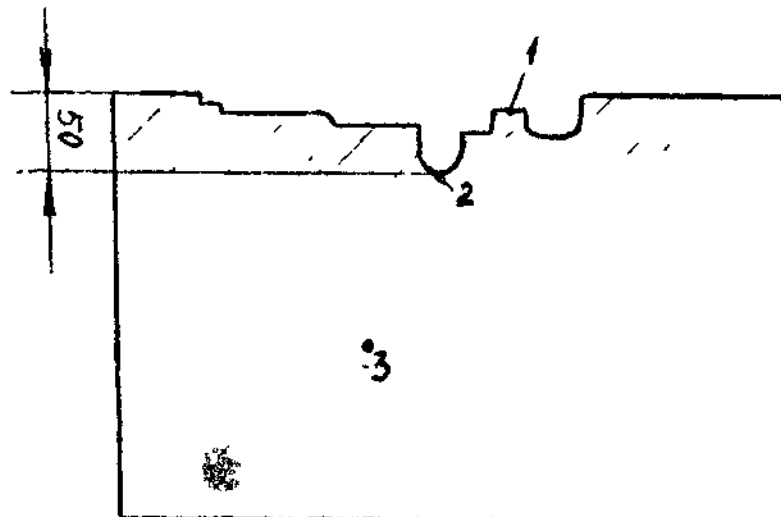
вновь опускались полностью в охладитель. Кулание повторялось несколько раз до достижения массивной частью пуансона температуры 120°C. Отпуск проводили при температуре 270°C. Результаты замеров 5 твердости приведены в таблице.

Ожидаемый экономический эффект только от повышения стойкости штампов горячего деформирования на 30% по сравнению со способом-прототипом составит в условиях Челябинского кузнечно-прессового завода 900 тыс. руб. в год.

Режим обработки изделий	Твердость, НРС		Время, отработанное штампом при стойкостных испытаниях	Примечания
	рабочей поверхности штампа	центральных объемов металла		
Способ-прототип				
Штамп устанавливали рабочей поверхностью вниз, закаливали в водном растворе бишофита (50%), температура 93°C, отпуск 420°C	56-59	45-46	—	Трещина на гравюре, неисправимый брак
Заявляемый способ				
1. Кованый штамп установлен рабочей поверхностью вверх, охладитель-водный р-р (50%) бишофита ($t \geq 98^\circ\text{C}$), охлаждение до тонкого сечения гравюры (ТСГ) 230°C, подъем штампа — охладитель ниже на 100 мм самой глубокой точки гравюры, повышение температуры ТСГ до 275°C, опускание штампа в охладитель и цикл повторяется 17 раз до снижения температуры центра штампа до 230°C. Отпуск 420°C	49-50	43-44	28 (3,5 смены)	
2. То же, кроме $t_{\text{ТСГ}} = 210^\circ\text{C}$	54-56	—	—	Трещины на гравюре штампа, неисправимый брак
3. То же, кроме $t_{\text{ТСГ}} = 250^\circ\text{C}$	43-44	49-50	14 (1,9 смены)	Стойкость ниже, чем после закалки в масло
4. Литой штамп после предварительной обработки устанавливали рабочей поверхностью вверх, охлаждали в водном р-ре бишофита (50%), $t = 98^\circ\text{C}$, охлаждение до $t_{\text{ТСГ}} = 230^\circ\text{C}$	51-52	44-45	24 (3 смены)	
5. Литой штамп обработан по способу-прототипу	51-54	45-47	12 (1,5 смены)	Трещины, низкая ударная вязкость
6. Пуансон из стали V13 диаметром 300 мм, нагревали до 790°C, охлаждали в р-ре бишофита 30% концентрации, $t = 95^\circ\text{C}$ Отпуск 270°C	56-58 49-51			Низкая твердость, брак

Продолжение таблицы

Режим обработки изделий	Твердость, НРС		Время, отработанное штампом при стойкостных испытаниях	Примечания
	рабочей поверхности штампа	центральных объемов металла		
7. Пуансон из стали V13, охлаждение в р-ре бишофита 30 % концентрации, температура р-ра 3 °С Отпуск 270 °С	63-64 56-57			Удовлетворяет нормативным требованиям
8. Пуансон из стали V13, охлаждение в р-ре бишофита 40 % концентрации, имеющем температуру 95 °С, наложение вибрации с момента начала охлаждения до 450 °С, дальнейшее охлаждение до 120 °С без вибрации, прерывание охлаждения, разогрев тонких сечений поверхности до температуры 170 °С, многократное "купание" Отпуск 270 °С	64-65 57-58			Удовлетворяет нормативным требованиям —"



Упорядник

Техред М.Моргентал

Коректор А. Обручар

Замовлення 614

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Видано в друку видавничий комбінат "Патент", м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101