

Братцев В. Г., *Кучма С. Н.

Донбасский государственный технический университет

**E-mail: kuchmalana@mail.ru*

НАПЛАВКА ШТАМПОВ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ ПРИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ РЕМОНТЕ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ

В статье предложен метод повышения стойкости штампов горячей штамповки, изготовленных из инструментальной штамповой стали 5ХНМ, при их восстановлении и даны рекомендации по их наплавке. Приведены результаты по итогам эксплуатации штампов, подтверждающие увеличение их стойкости, снижение затрат на оснастку при использовании наплавки.

Ключевые слова: *штампы горячей штамповки, восстановление, стойкость, износостойкость, теплостойкость, наплавка, наплавочные электроды, трещины разгара, чеканочные штампы, формовочные матрицы.*

Штампы горячей штамповки выводятся из эксплуатации вследствие недопустимого износа, трещин разгара, поверхностного выкрашивания, деформаций формообразующих элементов.

Ремонт и восстановление штампов выполняются механической, абразивной, электроэрозионной обработкой, наплавкой спецэлектродами.

Так как удаляемый при ремонте (восстановлении) слой металла может превосходить глубину рабочего профиля, то, соответственно, это ведёт к уменьшению запаса по толщине (высоте) для последующих ремонтов.

Наплавка изношенных элементов гравюры позволяет скомпенсировать часть удаленного металла. Полученный наплавленный слой, как правило, превосходит исходную сталь (сталь штампа) по теплостойкости, износостойкости за счет содержащихся в нем карбидов молибдена, хрома, других легирующих элементов.

Таки образом, в итоге увеличивается стойкость штампов, снижаются затраты на изготовление новых штампов и на переналадку.

Целесообразность введения наплавки в технологический процесс ремонта определяется по результатам исследования эксплуатации опытных образцов на конкретных операциях штамповки.

Штампы горячего деформирования работают в тяжелых условиях, сочетающих высокое удельное давление, абразивный износ с нагревом гравюры свыше 400 °С.

Требованиям прочности, теплостойкости, окалинотойкости, износостойкости наиболее полно удовлетворяют стали, легированные молибденом, никелем, вольфрамом и ванадием. Увеличение содержания указанных легирующих элементов значительно повышает стоимость штамповой оснастки. Как правило, усложняется механическая и термическая обработки.

У малых и средних предприятий, помимо технологических ограничений, дефицита оборотных средств, есть сложности с закупкой небольших объемов заготовок средне- и высоколегированных штамповых сталей.

Перечисленные проблемы обуславливают актуальность применения низколегированных, хорошо освоенных доступных марок сталей в сочетании с методами, повышающими их эксплуатационные свойства.

В данной работе исследуются результаты эксплуатации двух типов штампов горячей штамповки, изготовленных из инструментальной штамповой стали 5ХНМ, сочетающей удовлетворительные эксплуатационные свойства с технологичностью и приемлемой стоимостью.

Цель настоящей работы — разработка технологии восстановления изношенных штампов горячей штамповки из сталей 5ХНМ, 5ХГМ методом наплавки электродами марок ЭН-60М, ОЗШ-3.

Объект исследования — технологический процесс восстановления изношенных штампов горячей штамповки из инструментальной штамповой стали 5ХНМ.

Предмет исследования — целесообразность применения наплавки наплавочными электродами марок ЭН-60М и ОЗШ-3 для восстановления изношенных штампов горячей штамповки из стали 5ХНМ.

Задачи исследования:

– разработка технологического процесса наплавки изношенных штампов из стали 5ХНМ и последующей обработки;

– проведение сравнительного анализа эффективности применения электродов марок ЭН-60М и ОЗШ-3 для разных типов штампов;

– выполнение сравнительного анализа результатов эксплуатации штампов без наплавки и восстановленных штампов методом наплавки электродами ЭН-60М и ОЗШ-3.

Исследование технологии восстановления изношенных штампов горячей штамповки, изготовленных из инструментальных штамповых сталей 5ХНМ и 5ХГМ, проводили на прессовом участке ООО «Завод Прогресс-2000». Восстановление изношенных поверхностей штампов выполнялось методом наплавки наплавочными электродами марки ЭН-60М производства ООО «СЗСМ» и марки ОЗШ-3 производства «НПО Спецэлектрод».

Исследования проводились на изношенных формовочных матрицах горизонтально-ковочной машины (ГКМ) и чеканочных штампах.

Твёрдость измерялась на приборе ТК-2М. Глубина износа измерялась от зеркала штампа глубиномерами ГМ100-2 ГОСТ 7470-92, ГИ-100 ГОСТ 7661-67.

Для изготовления штампов горячей штамповки широко применяются инструментальные штамповые стали марок

5ХНМ, 5ХГМ. Данные стали сочетают требуемые механические характеристики с хорошей обрабатываемостью резанием, умеренной стоимостью заготовок [1].

Высокая прокаливаемость обеспечивает равномерность свойств по сечению штампа. Стали не склонны к образованию закалочных трещин, отпускной хрупкости, но разгаростойкость, окалиностойкость, теплоустойчивость ограничены рабочим диапазоном 400–500 °С. Износостойкость зависит от твердости и размера зерна, полученных после термообработки, эксплуатационной температуры нагрева, приводящей к отпуску [2].

Химический анализ проката и поковок, приобретаемых в качестве заготовок штампов, показывает, что содержание никеля, молибдена, хрома соответствует нижним допустимым значениям по стандарту. При изготовлении заготовок штампов ковкой, помимо обезуглероживания при нагреве, происходят потери молибдена в окалине (Fe_2MoO_4) и летучих оксидах (MoO_3) [3]. Причем чем выше степень укова, тем более глубокие слои затрагивает процесс. Это приводит к снижению теплостойкости и износостойкости штампов. Для удаления обезуглероженного, обедненного легирующими элементами слоя приходится увеличивать припуск на окончательную механическую обработку после заковки до 1,5–2,0 мм.

Заменители сталей 5ХНМ и 5ХГМ, не содержащие дорогостоящие никель и молибден, например, 5ХГС, 5ХЗГС, 5ХВГ, 35ХГСА, 7ХЗ, уступают или вовсе не подходят по комплексу свойств для универсальной замены. Кроме того, для них требуется проведение более сложной термообработки.

Переход на марки сталей повышенной теплостойкости, содержащие вольфрам и ванадий, такие как 4Х5В2ФС, 3Х2В8Ф, позволяет решить проблему повышения стойкости штампов горячей штамповки. Однако использование этих сталей увеличивает затраты на материал и изготовление [4].

В условиях среднесерийного производства в качестве альтернативного метода повышения стойкости штампов горячей

штамповки целесообразно рассмотреть наплавку нагруженных элементов профиля штампов во время восстановления или в процессе их изготовления [5–7].

Для наплавки штампов из стали 5ХНМ наиболее подходящими по химическому составу (табл. 1) являются наплавочные электроды марки ЭН-60М. Эти электроды служат для наплавки штампов всех типов, которые работают с нагревом контактных поверхностей до температуры $T = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$.

По данным изготовителей, после наплавки без дополнительной термообработки обеспечивается твердость 53–61 HRC. Такая высокая твердость объясняется образующимися при наплавке карбидами хрома Cr_3C_2 и молибдена Mo_2C .

Данной маркой электродов наплавлялись восстанавливаемые штампы, применяемые при изготовлении подвески триангеля (рис. 1) на прессовом участке ООО «Завод Прогресс-2000».

Таблица 1

Химический состав электродов ЭН-60М производства ООО «СЗСМ»

Название элемента	Массовая доля элементов, %
Углерод	0,500–0,900
Хром	2,300–3,200
Марганец	0,400–1,000
Молибден	0,300–0,700
Фосфор	$\leq 0,035$
Сера	$\leq 0,030$
Кремний	0,800–1,200



Рисунок 1 — Подвеска триангеля в сборе

На рисунке 2 представлена изношенная формовочная матрица на ГКМ, а на рисунке 3 — изношенный чеканочный штамп.

Средняя твердость наплавленного слоя составила 54–56 HRC. Полученный слой однородный, без газовых пузырей и шлаковых включений (рис. 4).



Рисунок 2 — Изношенная формовочная матрица на ГКМ



Рисунок 3 — Изношенный чеканочный штамп



Рисунок 4 — Наплавленная электродами ЭН-60М формовочная матрица ГКМ

На формовочных матрицах ГКМ наблюдался интенсивный износ наплавленных участков облойного мостика (до 2 мм), знака, радиусного перехода к зажимной части (до 2 мм) после пяти смен работы. Трещины разгара на передней части облойного мостика и знаке образовывались уже после второй смены. На восстановленном наплавкой чеканочном штампе, установленном на кривошипно-коленном прессе, интенсивный износ не развивался. Замеры твердости изношенных участков показали снижение твердости до 40–45 HRC, что подтверждает произошедший в процессе работы штампа отпуск вследствие недостаточной теплоустойчивости наплавленного металла. Поэтому было принято решение заменить марку наплавочных электродов на ОЗШ-3 (химический состав представлен в табл. 2), предназначенные для наплавки штампов горячей штамповки с температурой нагрева рабочих поверхностей до 650 °С.

После этого был выполнен ремонт наплавкой формовочных матриц ГКМ и чеканочных штампов. На рисунках 5 и 6 представлены наплавки формовочной матрицы ГКМ и чеканочного штампа электродами ОЗШ-3 соответственно.

Таблица 2

Химический состав электродов ОЗШ-3 производства ООО «НПО Спецэлектрод»

Название элемента	Массовая доля элементов, %
Углерод	0,3–0,5
Хром	8,0–11,0
Марганец	0,4–1,0
Фосфор	≤0,027
Сера	≤0,017
Кремний	1,4–2,8



Рисунок 5 — Третья наплавка формовочной матрицы ГКМ электродами ОЗШ-3



Рисунок 6 — Наплавка чеканочного штампа электродами ОЗШ-3

В процессе эксплуатации выявлено преимущество использования наплавочных электродов ОЗШ-3 при восстановлении формовочных матриц ГКМ, сходные с ЭН-60М результаты для чеканочных штампов.

Технология наплавки и последующей обработки. Участки матриц под наплавку подвергались очистке до блеска пневмошлифмашинкой. Глубокие трещины разгара разделялись до корня отрезным кругом с помощью УШМ. Зачистным кругом зачищались от окалины внешние нерабочие грани для надёжного контакта с заземляющей клеммой. Все поверхности обдувались сухим сжатым воздухом.

Непосредственно перед наплавкой матрицы нагревались в отпускной печи сопротивления до 230–250 °С с выдержкой в течение часа. Наплавка выполнялась по нагретому металлу.

Электроды применялись из герметичной упаковки или после прокалки, остывания до 50–70 °С. Режим прокалки принимался в соответствии с рекомендациями изготовителя по верхней границе нагрева.

Неиспользованные электроды перед следующей наплавкой повторно прокаливались. Третья прокалка не проводилась, так как наблюдалось растрескивание покрытия. Участки без наплавки защищались размятым асбестовым листом. На рисунке 7 показана подготовка под наплавку.



Рисунок 7 — Подготовка под наплавку

Для наплавки применялись электроды диаметром 3 мм, позволяющие заваривать как локальные дефекты, так и наплавлять участки большой площади.

Наплавку выполняли в один или два слоя. Перед наплавкой второго слоя первый горячим тщательно зачищался щеткой, подравнивался УШМ. На вертикальных участках фигуры применялись продольные швы с перекрытием смежных на треть ширины валика. Горизонтальные участки наплавлялись поперечными швами с движением электрода полумесяцем [8].

Наплавку электродами ЭН-60М производили при токе 105–110 А, ОЗШ-3 — 115–120 А. Наплавку вели на обратной полярности. Сварочный инвертор NEON ВД-221.

По возможности располагали деталь для формирования швов горизонтальных или «в лодочку». Для предупреждения шлаковых включений, пористости обрыв дуги следует выполнять, не доводя электрод до края участка, давая сформироваться валику за счет отстающей ванны расплава.

Наплавленный электродами ОЗШ-3 металл при нарушениях в прокалке остывшей детали имеет газовую пористость (рис. 8).



Рисунок 8 — Газовая пористость после наплавки ОЗШ-3

Наблюдениями установлено: газовые поры округлой формы в основном не являются очагом зарождения трещин. Эксплуатация показала, что мелкие единичные дефекты не копируются на поверхность штамповки, не препятствуют её извлечению из штампа. Поэтому единичные поры размером менее 1 мм можно считать допустимыми.

После завершения наплавки матрицы подвергались отпуску в электрической печи при температуре 200 °С с выдержкой в течение 2 часов и последующим охлаждением с печью до 100 °С.

Высокая твердость наплавленного слоя не позволяла применить фрезерование, растачивание для окончательной обработки в виду частых сколов твердосплавного инструмента. Черновая обработка выполнялась сработанными зачистными кругами, подбираемыми по размещению в криволинейном профиле. Точность обработки 0,1–0,15 мм, припуск под обработку пневмошлифмашинкой не более 0,2 мм. Чистовая обработка производилась пневмошлифмашинкой абразивными кругами и наждачными бандажами с точностью по глубине 0,03–0,05 мм.

При износе штампов действуют общие закономерности для стадий износа. В период приработки после первой, второй смены работы обязательно выполнялось удаление наплывов на радиусных кромках, сглаживание вспучиваний у микротрещин. При своевременном купировании дефекты в период нормальной работы оставались неизменными или развивались медленно.

Целесообразно не доводить штамп до третьей стадии (рис. 9), отправлять на ремонт. Глубина дефектного слоя на третьей стадии износа существенно возрастает, сетка усталостных термомеханических трещин приводит к выкрашиванию, нарушению связи между наплавленным и основным металлом.

Результаты. Стойкость формовочных матриц ГКМ, восстановленных наплавкой электродами марки ОЗШ-3, увеличилась в 1,5 раза.



Рисунок 9 — Третья стадия износа

Восстановление штампов позволило повысить стойкость между ремонтами с 3,5–5 тысяч штамповок до 8–10 тысяч. Необходимо отметить, что исходные размеры радиусных элементов фигуры сохранялись дольше, улучшились стабильность размеров и качество поверхности штамповок.

Ремонт наплавкой формовочных матриц ГКМ выполнялся обычно дважды, после чего матрица отжигалась. При достаточной высоте фрезеровалась в заготовку для повторного изготовления.

Чеканочные штампы подвергались наплавке после достижения минимальной высоты на предыдущих ремонтах перепрожигом на электроэрозионном станке. Проводилось два или три ремонта наплавкой. Происходящие изменения в структуре основного металла в дальнейшем приводили к образованию сетки трещин и выкрашиванию.

Технологический процесс ремонта изменен с учетом высокой твердости наплавленного металла. Недостатком является увеличение времени и объема слесарной обработки, требующее достаточно высокой квалификации (табл. 3). Однако исключены операции перепрожига на электроэрозионном станке и слесарная по ремонту электродов.

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Таблица 3

Сравнительный анализ затрат времени на ремонт комплекта чеканочных матриц

Техпроцесс ремонта комплекта чеканочных матриц (2 шт.) перепрожигом		Техпроцесс ремонта комплекта чеканочных матриц (2 шт.) наплавкой	
Операция	Норма времени, ч	Операция	Норма времени, ч
Фрезерная	1	Фрезерная	1
Электроэрозионная	16	Наплавочная	8
Слесарная (ремонт электродов)	16	Термическая	4
Плоскошлифовальная	2	Слесарная	16
Слесарная	16	Плоскошлифовальная	2
		Слесарная	16
		Плоскошлифовальная	1
Итого	51	Итого	48

Применение УШМ позволило в несколько раз ускорить черновую обработку. По производительности УШМ сопоставима с фрезерованием концевыми твердосплавными фрезами.

Общая стойкость чеканочных штампов возросла с 25–30 тысяч до 50–55 тысяч штамповок. Экономия средств при использовании восстановленного комплекта чеканочных матриц составила до 70 % стоимости новых.

Список источников

1. Поздняк Л. А., Скрынченко Ю. М., Тишаев С. И. Штамповые стали. М. : Металлургия, 1980. 244 с.
2. Исследование структуры свойств штамповых инструментальных сталей / Т. А. Богданова, А. А. Перебоева, Л. П. Третьякова, Н. В. Окладникова // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. 2009. № 2 (23). С. 239–241.
3. Исследование высокотемпературного окисления и обезуглероживания легированных сталей марок 40ХН, 34ХН1М, 5ХНМ при нагреве под обработку давлением / О. Л. Базайкина, М. В. Темлянцев, С. А. Казимиров, Е. М. Запольская // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2013. № 2 (4). С. 13–17.
4. Варинская Л. А., Лазечный И. Н. Предварительная оценка экономической целесообразности замены материала штампового инструмента // Новые материалы и технологии в металлургии и машиностроении. 2006. № 1. С. 90–93.
5. Ковка и штамповка : справочник: в 4 т. / под ред. Е. И. Семенова. М. : Машиностроение, 1986. Т. 2 : Горячая штамповка. 592 с. : ил.
6. Хомяк Б. С. Пути повышения износостойкости прессового инструмента. М. : ВНИИТЭМР, 1986. 68 с.
7. Разработка технологии восстановления рабочей гравюры штампового инструмента / И. Р. Мухаметзянов, Г. Ф. Мухаметзянов, В. И. Астащенко, Г. Ф. Мухаметзянова // Вестник Югорского государственного университета. 2023. Вып. 3. С. 166–172.
8. Ерофеев В. А., Захаров С. К., Кузнецов О. В. Особенности технологии дуговой наплавки упрочняющих слоев на стальную подложку // Известия ТулГУ. Технические науки. 2014. Вып. 11. Ч. 1. С. 132–138.

© Братцев В. П., Кучма С. Н.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф.,
проректором по научной работе ЛГУ им. В. Даля Витренко В. А.,
к.э.н., доц., зав. каф. ТОМП ДонГТУ Зинченко А. М.*

Статья поступила в редакцию 20.06.2024.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Братцев Виталий Геннадьевич, младший научный сотрудник ОИЦ «Станкоинструментальное обеспечение машиностроительного производства»
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия

Кучма Светлана Николаевна, канд. техн. наук, доцент каф. технологии и организации
машиностроительного производства
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия,
e-mail: kuchmalana@mail.ru

Bratcev V. G., *Kuchma S. N. (Donbass State Technical University, Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia, *e-mail: kuchmalana@mail.ru)

SURFACING OF HOT STAMPING DIES DURING RESTORATIVE REPAIRS IN ORDER TO INCREASE DURABILITY

The article proposes a method for increasing the durability of hot stamping dies made of 5HNM, tool die steel during their restoration and provides recommendations for their surfacing. The results of the operation of the stamps are presented, confirming an increase in their durability, reducing the cost of tooling when using surfacing.

Key words: hot stamping dies, restoration, durability, wear resistance, heat resistance, surfacing, surfacing electrodes, heat cracks, stamping dies, forming dies.

References

1. Pozdnyak L. A., Skrynchenko Yu. M., Tishaev S. I. Die steels [Shtampovye stali]. M. : Metalurgija, 1980. 244 p. (rus)
2. Bogdanova T. A., Pereboeva A. A., Tret'yakova L. P., Okladnikova N. V. Study the structure of properties of the die chisel steels [Issledovanie struktury svoystv shtampovykh instrumental'nykh stalej]. Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta imeni akademika M. F. Reshetneva. 2009. No. 2 (23). Pp. 239–241. (rus)
3. Bazajkina O. L., Temlyancev M. V., Kazimirov S. A., Zapol'skaya E. M. Study of high-temperature oxidation and decarburization of alloyed steels of grades 40XH, 34XH1M, 5XHM during heat treatment under pressure [Issledovanie vysokotemperaturnogo okisleniya i obezuglerozhivaniya legirovannykh stalej marok 40HN, 34HN1M, 5HNM pri nagreve pod obrabotku davleniem]. Bulletin of the Siberian State Industrial University. 2013. No. 2 (4). Pp. 13–17. (rus)
4. Varinskaya L. A., Lazechnyj I. N. Preliminary assessment of the economic feasibility of replacing the die material [Predvaritel'naya ocenka ekonomicheskoy celesoobraznosti zameny materiala shtampovogo instrumenta]. Novye materialy i tekhnologii v metallurgii i mashinostroenii.. 2006. No. 1. Pp. 90–93. (rus)
5. Forging and dying : handbook: in 4 vol. [Kovka i shtampovka : spravochnik: v 4 t.] eds. E. I. Semenov. M. : Mashinostroyeniye, 1986. Vol. 2. Goryachaya shtampovka. 592 p. : illus. (rus)
6. Номык В. С. Ways of increasing wear resistance of press tools [Puti povysheniya iznosostoykosti pressovogo instrumenta]. M. : VNIITEMR, 1986. 68 p. (rus)
7. Muhametzyanov I. R., Muhametzyanov G. F., Astashchenko V. I., Muhametzyanova G. F. Development of working engrave dying tool recovery technology [Razrabotka tekhnologii

vosstanovleniya rabochej graviyury shtampovogo instrumenta]. Yugra State University Bulletin. 2023. Iss. 3. Pp. 166–172. (rus)

8. Erofeev V. A., Zaharov S. K., Kuznecov O. V. Features of arc surfacing technology hardening layers on steel substrate [Osobennosti tekhnologii dugovoj naplavki uprochnyayushchih sloev na stal'nyu podlozhku]. Izvestiya TulGU. Technical sciences. 2014. Iss. 11. Pt. 1. Pp. 132–138. (rus)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Bratsev Vitaly Gennadievich, Junior Researcher of JRC “Machine-tool design provision of mechanical facilities”

Donbass State Technical University,
Alchevsk, Lugansk People’s Republic, Russia

Kuchma Svetlana Nikolayevna, PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Technology and Machine-building Production

Donbass State Technical University,
Alchevsk, Lugansk People’s Republic, Russia
e-mail: kuchmalana@mail.ru