

# ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Г. А. Околович, А. Е. Сизова, А. Г. Околович

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,  
г. Барнаул, Россия

Предварительная термическая обработка (ПТО) основана на явлении магнитоэстроционного эффекта при нагреве и охлаждении сталей из межкритического интервала температур ( $A_{c1}$  -  $A_{c3}$ ). Такая закалка сопровождается закрытием микропор и повышением плотности с последующим увеличением прочности, твердости после окончательной термической обработки инструментальных сталей [1].

Кроме того, снижается деформация и коробление деталей при закалке, улучшается обрабатываемость резанием и давлением заготовок, повышается эксплуатационная стойкость инструмента в 1,5-2,0 раза [2].

Значительные осложнения в производстве инструмента (пуансонов, штампов, сверл и др.) сложной формы и при большом соотношении длины к диаметру вызывают деформации после термической обработки. На практике применяют ряд мер для ее снижения. Это ступенчатая и изотермическая закалка, охлаждение в штампах. На практике выполняют правку длиномерного инструмента до и после термообработки. Правка до термообработки не целесообразна, т.к. исправление идет в локализованном очаге деформации. Опыт работы показывает, что после термообработки инструмент принимает исходную форму (до правки), т.е. металл сохраняет «память» формы.

Правка инструмента после термообработки сопровождается микротрещинами в зоне деформации и причиной разрушений в эксплуатации. Известна предварительная термическая обработка инструмента, которая не только уменьшает деформацию, но и повышает прочность и вязкость стали после окончательной термообработки. Сущность ее состоит в закалке от температуры  $A_{c1} + 15 - 20$  °С и последующего отпуска 500-600 °С (закалка из «межкритической» области), что уменьшает деформацию изделий после окончательной термической обработки [3].

Проведенные исследования показали, что выполнение предварительной термической обработки уменьшает чувствительность к образованию трещин при окончательной

закалке сталей У8 и ХВГ в 3-4 раза.

Закалка из «межкритической» области повышает прочность углеродистой стали У8 и легированной ХВГ в закаленном состоянии на 40 %, после низкого отпуска на 18-20 %, а ударную вязкость на 25 % в закаленном и на 20 % в отпущенном состоянии. Различие в прочности и вязкости сохраняется одинаковым при отпуске до 600 °С.

Предел выносливости стали ХВГ с твердостью HRC 60 (окончательная закалка 840-850 °С и отпуск 190-200 °С) при выполнении предварительной термической обработки (закалка 750-760 °С и отпуск 580-600 °С) составил 700-730 МПа, а без предварительной обработки 650-670 МПа, т.е. наблюдалось повышение предела выносливости на 8-10 %, по-видимому за счет сжимающих напряжений.

Повышение производительности холодновысадочных автоматов потребовало увеличение стойкости инструмента из сталей У 10 и ХВГ. Освоение процесса получения внутренней конфигурации пуансонов и штампов методом холодного выдавливания лишило стали У 10 и ХВГ их основного преимущества - хорошей обрабатываемости резанием. Новый способ изготовления инструмента потребовал решения задач по замене сталей с целью повышения стойкости инструмента: уменьшения сопротивления деформации при выдавливании и сохранении размеров фигуры после окончательной термической обработки. Для внедрения были выбраны стали 6Х4М2ФС (ДИ-55) и 8Х4В2С2МФ (ЭП-761), обладающие высоким комплексом механических свойств.

Холодным выдавливанием изготовлены пуансоны из стали ЭП-761 и штампы ДИ-55 в состоянии поставки, среди которых 40 % пуансонов и 10 % штампов имели отклонения по размерам. После окончательной термической обработки приняты к эксплуатации 20 % пуансонов и 80 % штампов. Низкий процент отклонений размеров штампов из стали ДИ-55 закономерен. Сталь эвтектоидного состава, без избыточных карбидов.

Исправить размеры фигуры закаленных пуансонов и штампов затруднительно, т.к.

окончательная обработка внутренних полостей - только зачистка по шаблону. Нельзя скорректировать величину мастер-пуансона по причине отсутствия закономерности в отклонении размеров фигуры.

Исследование серии режимов предварительной термической обработки позволило сохранить точность размеров выдавленной фигуры после окончательной термической обработки.

Поставленная цель достигается закалкой из межкритической области ( $A_1 \pm 10-15^\circ\text{C}$ ) и высоким отпуском при  $720^\circ\text{C}$ , 1 час на твердость 16-20 и 22-26 HRC для сталей ДИ-

55 и ЭП-761, соответственно. После выдавливания и термической обработки по режиму: закалка  $1020-1060^\circ\text{C}$ , отпуск  $520-540^\circ\text{C}$ , 3 раза по 1 часу проведены стойкостные испытания (таблица 1).

Таким образом, применение разработанного режима предварительной термической обработки позволило обеспечить получение размеров фигуры при холодном выдавливании и их сохранение после окончательной термической обработки, повысить эксплуатационную стойкость инструмента в 1,5-2,0 и 3-4 раза по сравнению со сталями ХВГ и У10 соответственно.

Таблица 1

№ п/п	Марка стали	Твердость HRC	Стойкость, тыс. пуансонов штампов	Причины выхода из строя
1	ХВГ	61-63	53,0	Поломка
2	ЭП-761, без ПТО	61-63	80,0	Поломка
3	ЭП-761, ПТО	61-63	152,0	Посадка
4	У10	59-61	5,0	Поломка
5	ДИ-55, без ПТО	59-61	12,0	Посадка
6	ДИ-55, ПТО	59-61	20,0	Посадка

По объему и области применения в холодноштамповочном производстве нет равных стали Х12М. Можно сказать, что сталь на все случаи жизни. Ее обширные преимущества, особенно высокая износостойкость из-за присутствия в структуре карбидов  $M_7C_3$  обладают комплексом недостатков и, прежде всего технологических: трудно деформируема при горячей обработке давлением, затруднена обработка резанием. Но самая большая неприятность – карбидная неоднородность, особенно в крупных сечениях, которая вызывает снижение прочности и вязкости и, как следствие, преждевременное хрупкое разрушение инструмента. Однако сталь является основной для многих операций вырубки и пробивки, сохраняя высокую твердость HRC 57-60 при нагреве до  $250-300^\circ\text{C}$ .

Вследствие того, что аустенит обладает минимальным объемом, а мартенсит - максимальным, то при повышении температуры отпуска интенсивнее протекает превращение остаточного аустенита в мартенсит и, следов-

тельно, увеличение объема закаленного инструмента. Такой прием используют для исправления прослабленных размеров штамповой оснастки после шлифования.

Рекомендации по закалке стали Х12М на вторичную твердость от 1100, 1150 и даже  $1200^\circ\text{C}$  с повышенным количеством остаточного аустенита до 70 % не нашли широкого промышленного применения.

При всех режимах упрочняющей термической обработки с ростом твердости происходит снижение прочности. Однако, при одинаковом уровне твердости, прочность при изгибе изменяется в широких пределах в зависимости от режимов термической обработки. Это обстоятельство позволяет дифференцировать назначать режимы обработки для штампов различных групп, в соответствии с важнейшим свойством, определяющим высокую стойкость инструмента.

Для вытяжных, гибочных штампов и форм прессования порошков, основным требованием к которым является высокая

износостойкость, термическая обработка должна обеспечивать максимальную твердость. Наибольшая твердость (HRC 62-63) достигается при сочетании предварительной термической обработки с последующей ступенчатой закалкой.

Предварительная термическая обработка включает в закалку от 850 °С с охлаждением в масле и высокий отпуск 740-750 °С.

Режимы окончательной термической обработки: закалка, от 1020 °С с выдержкой при 500 °С, 20 мин с последующим охлаждением на воздухе. После отпуска при 180 °С, 1-2 часа твердость составляет HRC 62-63,  $\sigma_{изг}=3000$  МПа.

Сочетание высокой твердости и удовлетворительной прочности при ступенчатой закалке стали X12M, обусловлено высшей легированностью твердого раствора, достигаемой изотермической выдержкой в области максимальной устойчивости аустенита, когда скорости диффузионного и без диффузионного превращения железа минимальные в связи с изменением механизма  $\gamma - \alpha$  превращения; при условии, что количество остаточного аустенита не превышает 40 %, вызывающих потерю мартенситного каркаса. Это обеспечивается предварительной термической обработкой перед ступенчатой закалкой, когда происходит наклеп аустенита и связанное с этим снижение количества остаточного аустенита [4].

Для многих штампов вырубки, при работе которых возникает смятие и выкрашивание, рекомендуется закалка на вторичную твердость в сочетании с предварительной термической обработкой, обеспечивающая высокую прочность ( $\sigma_{изг} < 3000$  МПа) при достаточно высокой твердости HRC 59-61 по режиму. Закалка от 1075 °С, масло отпуск 525 °С, 3 раза по 1 часу.

### ВЫВОДЫ

1. Улучшение механических свойств при ПТО достигается в результате: снижения закалочных напряжений, повышением плотности стали, закрытием дефектов при пластической деформации от межатомного взаимодействия.
2. Сочетание высокой твердости и прочности при изгибе у мартенсита обеспечивается высшей легированностью твердого раствора, достигаемой изотермической выдержкой при ступенчатой закалке в области максимальной устойчивости аустенита.
3. Предварительная термическая обработка улучшает свойства закаленной стали при использовании любого способа окончательной закалки. Эффективность ее наименьшая при прерываемой закалке; значительнее при непрерывной и ступенчатой; наиболее высокая при закалке на вторичную твердость.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Садовский, В.Д. «Межкритическая закалка» конструкционных сталей / В.Д. Садовский, А.М. Полякова // Металловедение и термическая обработка металлов, № 1, Институт физики металлов АН СССР, 1970. С. 5-8.
2. Геллер, Ю.А. Инструментальные стали [Текст] / Ю.А. Геллер. – М.: Металлургия, 1983. 525 с.
3. Околович, Г.А. Способ предварительной термической обработки дисперсионно-твердеющих штамповых сталей [Текст] / Г.А. Околович, А.Г. Евтушенко // А.С. № 1338404 от 15.05, 1987.
4. Моисеев, В.Ф. Физико-химические основы технологических процессов / В.Ф. Моисеев, А.Г. Евтушенко // Барнаул, 1998. 167 с.