

УДК 666.10

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ШТАМПОВОЙ СТАЛИ 4Х5МФС

Семёнов А.Ю.

Научный руководитель – доцент Таскин В.Ю.

Сибирский федеральный университет

Получение высокопрочных, устойчивых к эксплуатационным воздействиям изделий из штамповых сталей является важнейшей задачей металловедения. Эта работа ведется по следующим направлениям: получение новых материалов и совершенствование традиционных методов их изготовления, улучшения их механических свойств. Перспективными и эффективными методами следует считать применение различных видов обработки совместно с термообработкой без изменения состава используемых сложнлегированных материалов.

Постоянное совершенствование технологии изготовления пресс-форм применяемых для горячей штамповки является комплексной задачей, для решения которой требуется синтез металлургических, технологических, конструктивных и эксплуатационных разработок. В аспекте металловедения принципиальное решение имеют два самостоятельных направления: разработка новых штамповых сталей и оптимизация режимов термообработки и методов упрочнения поверхности инструмента. Общеизвестны основные причины выхода горяче-штампового инструмента из строя:

- Аварийное разрушение инструмента в результате несоблюдения технических условий при его проектировании, изготовлении и эксплуатации;
- Истирание отдельных участков рабочей зоны;
- Разгар рабочей поверхности штампа;
- Деформация выступающих участков ручья и изменение основных размеров гравюры.

В настоящее время широко ведутся работы по созданию новых штамповых сталей серий БИС и ФТА (фирма «Инерсталь ВУ») обеспечивающих прессование металлических профилей. Для обеспечения требуемой точности необходимо постоянство размеров основных рабочих органов прессового инструмента – матриц и пуансонов, их надежность и стойкость. Условия их работы крайне тяжелы и характеризуются интенсивными температурно-силовыми нагрузками. Поверхность гравюры прессового инструмента испытывает удельные давления, приближающиеся к пределу прочности материала, из которого он изготовлен. В этих условиях особенно опасна концентрация напряжений, возникающая в инструменте, что требует особо тщательной отделки рабочей поверхности.

Наиболее распространено упрочнение поверхности горячепрессового инструмента азотированием, в результате которого сталь приобретает высокую твердость на поверхности, не изменяющуюся при нагреве до 400–450°C, высокую сопротивляемость износу, высокие пределы выносливости, коррозионную стойкость.

Структура, глубина и свойства азотированного слоя зависят от химического и фазового состава стали, а также от режимов азотирования, которые определяются методом, температурой и длительностью процесса.

Азотированный слой состоит из поверхностной нитридной зоны и диффузионного подслоя, который называют зоной внутреннего азотирования. Первая зона формируется нитридными и карбонитридными фазами, а зона внутреннего азотирования состоит из твердого раствора в α -фазе с включениями нитридов.

Для штампов, работающих при повышенных температурах и больших удельных нагрузках, необходим азотированный слой с развитой зоной внутреннего азотирования.

В зависимости от природы и содержания легирующих элементов в этой зоне могут присутствовать в основном нитриды на базе основного металла, или нитриды легирующих элементов. Цирконий, алюминий, титан, ванадий, хром и молибден способствуют формированию зоны внутреннего азотирования второго типа, когда диффузионный слой состоит из тонкодисперсных нитридов легирующих элементов и α -твердого раствора азота.

Теплостойкость азотированных слоев штамповых сталей наиболее сильно превышает ванадий, затем в порядке убывания молибден, алюминий, кремний, титан. Положительное влияние V, Al и Ti на теплостойкость азотированного слоя связано с образованием легированных нитридов и карбонитридов на основе нитридных и карбидных фаз железа, при этом возрастает их устойчивость к повышенным температурам. Молибден способствует повышению микротвердости азотированного слоя и повышает предел прочности стали.

Традиционно применяемая отечественная азотированная сталь 4X5ФМС показывает значительное повышение величин микротвердости в поверхностном слое по сравнению со сталями серии БИС, но характеризуется резким уменьшением глубины диффузионного слоя, что обусловлено повышенным содержанием в стали 4X5ФМС хрома, который увеличивает защитные свойства поверхностных оксидных пленок, препятствующих диффузии азота из металла во внешнюю среду. В этом случае упрочнение стали в поверхностных слоях протекает за счет диффузии азота, растворенного в α -твердом растворе в процессе азотирования. Отсутствие в этой стали нитридообразующего алюминия и легирование ее кремнием, снижающего диффузионную подвижность азота вглубь металла, приводит к изменению толщины диффузионного слоя по сравнению со сталями серии БИС. Для стали 4X5ФМС толщина диффузионного слоя составляет 0,1–0,2 мм.

Комплекснолегированные стали серии ФТА обеспечивают более стабильную микротвердость по глубине азотированного слоя.

Азотирование штамповых сталей обычно выполняют при температуре 520–600⁰С, в атмосфере аммиака. Штамповую сталь 4X5ФМС азотируют при температуре 520–540⁰С при степени диссоциации аммиака 30–40%.

Выбор этих температур обусловлен необходимостью получения высокой твердости и износостойкости азотированного слоя, которые получаются вследствие выделения дисперсных нитридов. Чем выше температура азотирования, тем более крупные нитриды будут образовываться, и тем ниже будет твердость. Кроме того, чем ниже температура процесса, тем меньше деформация деталей при азотировании, что имеет большое значение, так как азотирование проводят на готовых изделиях, прошедших термическую обработку (закалку и высокий отпуск) и доведенных шлифованием до точного размера.

Использование новых разработанных сталей для формообразующего инструмента при прессовании фасонных профилей из алюминиевых сплавов повысило стойкость в 1,4–1,8 раза по сравнению с аналогичным инструментом из стандартных сталей. Также отмечено значительное уменьшение налипания деформируемого металла на рабочую поверхность, и, как следствие, улучшение качества поверхности изделий.

В представленной работе проводились исследования микроструктуры и твердости различных сталей применяемых для изготовления матриц для прессования профилей из алюминиевых сплавов.

Наличие в штамповых сталях хрома, вольфрама, молибдена и ванадия способствует образованию нитридов (CrN, MoN, VN), сложных нитридов ((W,Fe)₂N; (Cr,Fe)₂N) и карбонитридов (M₂₃(C,N)₆; M₃(C,N)) которые увеличивают твердость азотированного слоя, но уменьшают его толщину.

Проведенные исследования показали, что основными причинами преждевременного разрушения матрицы являются:

- Пониженная твердость инструмента.
- Декорирование границ зерен выделениями карбидов в результате недостаточной скорости охлаждения инструмента при закалке и неудовлетворительное аустенитное зерно.
- Большое количество неметаллических включений, что свидетельствует о низком качестве исходной заготовки для изготовления инструмента.
- Недостаточная глубина азотированного слоя.

Проведенные исследования в заводских условиях показали, что сталь 4X5МФС с содержанием хрома на верхнем уровне (5,5%) и пониженной концентрацией молибдена (до 0,9%) обладает высокотемпературной прочностью, высокой стойкостью по твердости и высокотемпературной износостойкостью, т.е. обеспечивают высокий срок службы инструмента.

С проведенной термообработкой стали по оптимальным режимам удовлетворяет требованиям предъявляемым к матрицам высокого качества для прессования изделий из алюминиевых сплавов.

Установлено, что сталь 4X5МФС характеризуется высокотемпературной вязкостью – свойством, которое позволяет избежать горячего растрескивания, т.е. трещин, возникающих вследствие напряжений, которые в первую очередь развиваются в инструментах с глубокими полостями на внутренних углах и на ребрах, и распространяются в глубину (в противоположность разгарной сетки).