

**Анализ технико-экономических показателей и прогноз тенденций развития штамповых сталей для горячего деформирования**

Студент гр. 104217 Янущик Н.М.  
Научный руководитель – Вейник В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Цель работы: проанализировать технико-экономические показатели и спрогнозировать направленность развития штамповых сталей для горячего деформирования.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Обобщить и проанализировать литературные данные по особенностям условий работы и принципов легирования штамповых сталей для горячего деформирования (далее ШСДГД);
2. Изучить общие технические условия ШСДГД согласно ГОСТ 5950 – 2000;
3. Рассмотреть существующие технологии термической и химико-термической, а также других видов обработки ШСДГД и изделий из них;
4. Проанализировать технико-экономические показатели ШСДГД;
5. Спрогнозировать направленность развития ШСДГД в будущем.

В современных условиях работы с расширением номенклатуры обрабатываемых сплавов и материалов, увеличением производительности и мощности оборудования штамповый инструмент испытывает возрастающие нагрузки. Требования к материалу штампов непрерывно растут.

ШСДГД предназначены для изготовления инструментов (штампов), работающих при повышенных температурах, многократных теплосменах, динамических нагрузках, а в ряде случаев и при значительном коррозионном воздействии обрабатываемого металла (формы литья под давлением). Поэтому эти стали должны иметь высокую твердость, износостойкость, теплостойкость, вязкость, разгаростойкость, окалиностойкость, а также прокаливаемость. Данных свойств добиваются путем комплексного легирования.

По характеру легирования и сочетания основных свойств, приобретаемых после окончательной термической обработки, ШСДГД условно можно разбить на три группы:

1. Умеренной теплостойкости и повышенной вязкости, разогревающиеся в процессе работы до 500 – 550 °С. Примером марок таких сталей являются: 5ХНМ 5ХНВ, 3Х2МНФ, 4ХМФС, 5Х2МНФ и др.;
2. Повышенной теплостойкости и вязкости (до 620 – 650 °С) Примером марок таких сталей являются: 4Х4ВМФС, 4Х5В2ФС, 4Х5МФС и др.;
3. Высокой теплостойкости (до 660 – 680 °С) Примером марок таких сталей являются: 5Х3В3МФС, 3Х2В8Ф, 4Х2В5МФ и др. [1].

Согласно ГОСТ 5950 – 2000 общим характерным признаком сталей этих групп ШСДГД является содержание углерода 0,3 – 0,6%, что предопределяется повышенными требованиями к ним относительно вязкости и разгаростойкости. Для первой группы ШСДГД характерно присутствие небольших содержаний карбидообразующих элементов: 0,5 – 1,5% Cr и 0,2 – 0,7% Mo или W, существенно задерживающих распад мартенсита при нагреве, но недостаточно для обеспечения вторичного твердения, а также легирование 1,5 – 2,5% Ni или Mn для увеличения прокаливаемости. Вторая группа обладает более высоким уровнем легирования: до 2,5 – 5,5% Cr, 2 – 3% W и Mo, 1% V, что благоприятно сказывается на прочности,

прокаливаемости и теплостойкости. Характерной особенностью третьей группы является повышенное содержание W или суммы W и Mo в количествах от 3 – 18% [2].

Структура отожженных ШСДГД состоит из перлита и избыточных карбидов. Перлит в зависимости от режимов отжига, может быть зернистым и пластинчатым, возможно также образование смешанных структур. С точки зрения обрабатываемости и устойчивости против перегрева оптимальной для малолегированных сталей является структура зернистого перлита с размером частиц 1,3 – 1,6 мкм. Закалка данных сталей осуществляется на мартенсит в масле с последующим двукратным средним отпуском для повышения вязкости, при этом температуру второго отпуска назначают на 30 – 40 °С ниже, а продолжительность на 25 – 30% меньше первого. Получаемая структура соответствует троститной, троститно-мартенситной в зависимости от принципа легирования.

Кроме классической термической обработки целесообразно применять к ШСДГД высокотемпературную механическую обработку (ВТМО), которая оказывает положительное влияние на механические свойства данных сталей. Уже при небольших степенях деформации (20-25%) в сталях типа 5XB2C, 4X5MFC и др. после упрочнения повышается ударная вязкость, контактная выносливость и устойчивость против хрупкого разрушения в 2 – 4 раза. ВТМО, не вызывая значительного повышения плотности дефектов кристаллического строения по сравнению с обычной закалкой, может увеличивать теплостойкость [1].

Для увеличения твердости при высоких температурах используют химико-термическую обработку (ХТО): азотирование, ионное азотирование, диффузионное хромирование, борирование. На поверхность гравюры штампа из газовой фазы проводят осаждение карбидов титана, имеющих особо высокую твердость.

Одной из современных технологий, позволяющей заметно (в несколько раз) повысить износостойкость режущего и штампового инструмента, является ионное азотирование. Ионное азотирование является одним из основных методов увеличения долговечности штампового инструмента и литейной оснастки из сталей 5XHM, 4X5MFC, 3X2B8, 4X5B2FC, 4X4BMFC, 38X2MЮА, т.к. обеспечивает формирование на обрабатываемых деталях азотированного слоя с заданной структурой. Оптимизация свойств упрочняемой поверхности обеспечивается за счет необходимого сочетания нитридного и диффузионного слоев, которые вырастают в основной материал [3].

Наплавка наряду с ХТО и ВТМО является одним из эффективных способов повышения стойкости и экономичности штампов. Ее применяют как для восстановления отработанных штампов, так и для изготовления новых. В последнем случае к наплавляемому предъявляют значительно более высокие требования по износостойкости, теплостойкости и другим свойствам, чем к основному металлу [1].

Таким образом, проблема повышения износостойкости штампового инструмента становится все более актуальной в связи с существенным удорожанием природных ресурсов и ростом их дефицитности. Для повышения технико-экономических характеристик ШСДГД необходимо более широко применять методы специальных упрочняющих обработок: поверхностного упрочнения химико-термической обработкой или наплавкой и производить, обработку связанную с изменением дислокационной структуры металла (здесь ВТМО), а так же применять более передовые методы термической обработки (например, изотермическую закалку и др.), а так же разрабатывать и новые типы сред охлаждения, а для пресс-форм из сталей 3X2B8, 4X5MFC, ХВГ, 40X и др. (для литья алюминиевых сплавов, пластмасс, стеклопластиков, резины), работающих в жестких технических условиях новые системы легирования с возможным повышением легирующих элементов, входящих в их состав. И именно в данных направлениях видятся дальнейшие тенденции развития штамповых сталей для горячего деформирования.

## Литература

1. Позняк, Л.А. Штамповые стали / Позняк Л.А. М.: Металлургия, 1980.
2. Прутки, полосы и мотки из инструментальной стали: ГОСТ 5950 – 2000. – М.: Изд-во стандартов, 2001.
3. Лахтин, Ю.М. Теория и технология азотирования / Лахтин Ю.М. М.: Металлургия, 1991.

УДК 621.793

### **Устройство для изготовления сложнополостных деталей технологической оснастки плазменным напылением**

Студент гр.104516 Макаревич А.А.  
Научный руководитель – Соколов Ю.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Цель работы - улучшение качества рабочей полости формообразующего инструмента изготавливаемого плазменным напылением, за счёт снижения остаточных напряжений и пористости.

Напылением на формообразующую модель-подложку необходимого по свойствам материала создаётся оболочка – рабочий слой детали, слой, контактирующий с поверхностью формообразующей модели и несущий впоследствии основные эксплуатационные нагрузки. После охлаждения модель извлекается из напыленной оболочки, формообразующая поверхность которой точно копирует конструктивные элементы модели, ее размеры и состояние поверхности.

Напыление можно проводить, как на нагретую, так и на холодную модели-подложку, однако в последнем случае в напыленном слое могут возникнуть внутренние напряжения, препятствующие равномерному наращиванию слоя.

Плазменные покрытия формируются при постоянно возрастающем уровне внутренних напряжений, которые являются причиной или отделения покрытия от подложки при достижении критической толщины слоя или нарушения его сплошности.

В работе использовали устройство для осуществления процесса напыления порошков на холодную подложку, позволяющий нивелировать влияние напряжений на ход формирования структуры покрытий.

Устройство содержит двухполюсную электромагнитную систему, полюсные наконечники которой замкнуты подвижной частью магнитопровода с размещённой на ней подложкой. Подвижная часть магнитопровода выполнена в виде траверса из ферромагнитного материала.

После подачи напряжения в электромагнитную систему, посредством гаечно-винтового механизма через упругий элемент подложку нагружают внешней силой путем разрыва контакта между магнитопроводом и полюсными наконечниками. Упругий элемент обеспечивает нагружение подложки вибрациями требуемой частоты. Изменяя зазор между подвижной частью магнитопровода и полюсными наконечниками и измеряя посредством амплитудо-частотометра значения величины частот строят резонансную характеристику, из которой определяют интервал резонансных частот рабочего режима нагружения подложки. Под действием знакопеременного магнитного поля на резонансной частоте, прикладываемого во время магнитной стабилизации происходит снятие внутренних напряжений в покрытиях, возникающих вследствие термических условий напыления. Снижение напряжений объясняется тем, что при резонансном режиме вибрации происходит развитие релаксационных процессов в покрытиях.