

*д.т.н., проф. Луценко В.А.,
к.т.н., доц. Ершов В.М.,
ст. преподаватель Коваленко О.А.,
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ВЫБОР МЕТОДА УПРОЧНЕНИЯ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ШТАМПОВ

Наведено аналіз існуючих методів зміцнення розділових штампів з подальшим обґрунтуванням можливості використання електроіскрового легування для підвищення стійкості штампувального інструменту.

Холодная листовая штамповка является одним из распространенных видов обработки металлов давлением. Наибольший эффект от применения холодной листовой штамповки может быть обеспечен при комплексном решении технических вопросов на всех стадиях подготовки производства. В частности, в настоящее время большое внимание уделяется проблеме стойкости разделительных штампов холодной листовой штамповки, от которой во многом зависит качество продукции, снижение материалоемкости – и энергозатрат и повышение производительности.

В данной работе, исходя из условий эксплуатации разделительных штампов и требований, предъявляемых к инструменту, приводится анализ существующих методов повышения стойкости штампов с целью выбора наиболее эффективного из них.

В разделительных операциях листовой штамповки конечной целью является отделение одной части заготовки от другой. Отделение одной части заготовки от другой осуществляется относительным смещением этих частей в направлении, перпендикулярном к плоскости заготовки. Это смещение в начальных стадиях характеризуется пластическим деформированием, но завершается обязательно разрушением. Отделение одной части заготовки от другой можно разделить на следующие стадии: упругий изгиб, пластическая деформация и разрушение.

На первой стадии при внедрении инструмента происходит упругий изгиб заготовки под действием пуансона и матрицы, создающий напряжения, не превышающие по величине предел упругости.

При дальнейшем внедрении инструмента в заготовке возрастают напряжения, превышающие предел упругости - наступает пластическая стадия деформирования.

Картину процесса деформирования металла в разделительных штампах можно представить следующим образом [1]: В начальных стадиях пластическая деформация сосредотачивается у кромок, которые внедряются на некоторую глубину в металл. Очаги деформации от режущих кромок увеличиваются, продвигаясь в толщину заготовки, до смыкания. Дальнейшее внедрение режущих кромок вызывает пластическую деформацию по всей толщине заготовки, обуславливающую смещение одной части заготовки относительно другой. В этой стадии деформирования начинается разрушение слоев заготовки, но только тех, которые приходят в непосредственное соприкосновение с режущей кромкой. Разрушение происходит при образовании трещин, развивающихся в толщину заготовки.

Трещины, образуемые в местах контакта заготовки в режущей кромкой, развиваются навстречу друг другу до момента их слияния. Именно слияние трещин завершает процесс отделения одной части заготовки от другой. Однако слияние трещин может произойти не при всех условиях деформирования.

Минимальный зазор, обеспечивающий совпадение трещин в разделительных операциях, является оптимальным зазором. С увеличением зазора увеличивается изгибающий момент и его влияние на процесс деформирования, благодаря которому величина растягивающих и изгибающих напряжений у свободных поверхностей возрастает. При значительных растягивающих напряжениях трещина образуется не от режущих кромок, а от свободной поверхности, создавая торцовый заусенец. Увеличение растягивающих и изгибающих напряжений приводит к дополнительному перемещению штампуемого металла по торцу режущих кромок инструмента. Это вызывает повышенное истирание, пластическую деформацию режущих кромок, что приводит к их затуплению и износу. Величина зазора оказывает также влияние на распределение нормальных напряжений на контактных поверхностях и, следовательно, на протяженность зоны пластических деформаций, которая увеличивается с увеличением зазора.

Таким образом, при проведении разделительных операций происходит притупление режущих кромок (износ) инструмента, что приводит к увеличению технологического зазора между режущими инструментами. Поэтому важной задачей является повышение износостойкости режущего инструмента для обеспечения оптимальных условий деформирования материала при разделительных операциях.

Известные методы повышения стойкости условно можно разделить на шесть основных классов упрочнения [2]:

- а) с образованием пленки на поверхности;
- б) с изменением химического состава поверхностного слоя;

- в) с изменением структуры поверхностного слоя;
- г) с изменением энергетического запаса поверхностного слоя;
- д) с изменением шероховатости поверхностного слоя;
- е) с изменением структур по всему объему металла.

Классы разделены на методы и процессы. Процессы могут выполняться при наличии или сочетании следующих внешних условий: в газовой среде; в жидкости; в пасте; без использования или с использованием теплоты при нормальном, повышенном или высоком давлении; в низком, среднем или глубоком вакууме; в атмосфере водяного, водогазового или ионного пара; в контролируемых атмосферах экзогаза или эндогаза; в электропроводящей или диэлектрической среде; в среде с поверхностно-активными или абразивными свойствами; в магнитном, электрическом, гравитационном или термическом поле. Внешние условия характеризуют специфические особенности технологического процесса, при которых осуществляется данный метод упрочнения. Сочетание условий открывает перспективу дальнейшего развития методов упрочнения металлов и повышения их эффективности.

К первому классу с образованием пленки на поверхности относят такие способы упрочнения как:

- а) осаждение химической реакцией (оксидирование, сульфидирование, фосфатирование и т.д.);
- б) электролитическое осаждение (хромирование, никелирование, борирование и др.);
- в) осаждение твердых осадков из паров (электроискровое легирование, термическое испарение, прямое электронно – лучевое испарение и др.);
- г) напыление износостойких соединений (плазменное напыление, детонационное напыление, электродуговое и лазерное напыление).

К способам осаждения химической реакцией относят образование фосфатного, оксидного или ионного химического неметаллического покрытия на поверхности металлических изделий. Применяют при обработке изделий из алюминия, меди, магния, стали и других металлов для повышения коррозионной стойкости, в декоративных целях или как грунтовку перед окраской, в частности как способ повышения коррозионной стойкости высокопрочных болтов, автомобильных деталей и др.

Полученные пленки, полученные при обработке деталей данными растворами, имеют мелкокристаллическую структуру с минимальной пористостью, обладают высокой коррозионной стойкостью и прочностью сцепления с основным металлом.

Для упрочнения штампового инструмента не применяется, т.к. не обеспечивает достаточной износостойкости и прочности сцепления с основным материалом.

К способам электролитического осаждения относят никелирование, хромирование, борирование, заключающиеся в осаждении металла с образованием покрытия на поверхности изделия при пропускании тока между анодом (пластиной из металла, наносимого на изделие) и катодом (обрабатываемым изделием).

К недостаткам способа следует отнести длительность и сложность метода, а также хрупкость и недостаточную износостойкость, полученного слоя, что делает невозможным применение его для упрочнения разделительных штампов.

К способам осаждения твердых осадков из паров относят электроискровое легирование, термическое испарение тугоплавких соединений, катодно – ионная бомбардировка, прямое электронно – лучевое испарение, реактивное электронно – лучевое испарение, электрохимическое испарение.

Напыление один из распространенных способов нанесения покрытий на различные детали и инструмент. Можно выделить следующие виды напыления – газопламенное напыление, детонационное напыление, дуговая металлизация, плазменное напыление и электроимпульсное нанесение покрытий.

По типу источника тепловой энергии, которая используется для расплавления напыляемого материала, напыление подразделяют на газопламенное и электрическое. При газопламенном напылении нагрев напыляемого материала осуществляют теплотой сгорания смеси горючего газа с кислородом, а при электрическом — теплотой электрической дуги.

Технология газопламенного напыления довольно проста, а стоимость оборудования и затраты на эксплуатацию низкие. В связи с этим данный способ нашел достаточно широкое применение в практике.

К недостаткам способа можно отнести достаточно длительное воздействие высокой температуры на обрабатываемый материал, контакт с кислородом. Это вызывает возникновение большой зоны термического влияния и возможные процессы обезуглероживания.

Применение методов детонационного напыления, дуговой металлизации, плазменного напыления [3, 4] позволяет создавать на поверхности инструмента тонкие износостойкие слои, повышающие прочность и стойкость, но в процессе эксплуатации возможно отслоение этих покрытия или выкрашивание инструмента из-за его высокой поверхностной твердости. Кроме этого, как правило, для осуществления этих мето-

дов требуется сложная дорогостоящая аппаратура, что часто затрудняет процесс упрочнения металла этими методами.

В настоящее время достаточно широкое применение для упрочнения поверхностей находит электроимпульсное нанесение покрытий.

Электроимпульсное нанесение покрытий основано на импульсном разряде конденсатора через проволоку напыляемого металла [2, 6]. При этом происходит взрывное плавление проволоки и осаждение расплавленных мелких частиц металла на поверхности изделия.

Своеобразие электроимпульсного нанесения покрытий связано с особо малым размером частиц в мелкораспыленном состоянии напыляемого материала. При температуре распыления, которая, как считают, близка к точке кипения металла проволоки, все частицы в мелкораспыленном состоянии нагреваются равномерно. При столкновении с поверхностью основного материала скорость движения частиц достигает нескольких сотен метров в секунду. Движение частиц к основному материалу происходит за счет резкого расширения газа при взрыве и вытеснения воздуха из зоны взрыва, что почти полностью исключает окисление частиц, а следовательно, обеспечивает получение плотного покрытия с высокой прочностью сцепления с основным материалом. Недостаток электроимпульсного напыления состоит в том, что его применение ограничено электропроводными материалами. Кроме того, этот способ не всегда пригоден для получения покрытий большой толщины.

Однако для получения износостойких слоев на штамповой оснастке выгоден, так как может быть осуществим способами не требующими дорогостоящего оборудования, различными материалами электродов. Кроме того полученной толщины слоя достаточно для упрочнения, т.к. проводится на уже термообработанных образцах и не требует последующей термообработки и шлифовки.

Ко второму классу (с изменением химического состава поверхностного слоя) относят методы диффузионного насыщения: поверхности металла атомами металлов и неметаллов. Как правило, такое насыщение проводят методами химико-термической обработки, которая не требует сложного дорогостоящего оборудования и достаточно проста в применении. Кроме этого, химико-термическая обработка позволяет в ряде случаев получить комплекс свойств необходимых для повышения срока службы инструмента в конкретных условиях эксплуатации. К методу диффузионного насыщения относят нитроокисидирование, азотирование, хромирование, цементацию, цианирование, борирование и т.д. [5].

Недостатком способов является разрушение поверхностного слоя в местах резкого изменения контура режущих кромок инструмента и низкое сопротивление ударным нагрузкам, в связи с чем целесообраз-

ность применения способа для штампов повышенной стойкости требует оценки в каждом конкретном случае.

К третьему классу (с изменением структуры поверхностного слоя) относят:

а) физико-термическую обработку (лазерная закалка плазменная закалка);

б) электрофизическая обработка (электроимпульсная обработка, электроконтактная обработка, электроэрозионная обработка, ультразвуковая обработка);

в) механическая обработка (упрочнение вибрацией, фрикционно-упрочняющая: обработка, дробеструйная обработка, обработка взрывом, термомеханическая обработка, прокатывание, волочение, редуцирование и т.д.).

Первые два метода позволяет создавать на поверхности металла тонкие износостойкие слои повышенной прочности, После этих процессов не нужно применять окончательную механическую обработку, что даёт возможность довольствоваться: слоями небольшой толщины. Недостатком такого способа также является использование дорогостоящей аппаратуры. Метод механической обработки для разделительных штампов холодной листовой штамповки, как правило, не применяется.

К четвертому классу (с изменением энергетического запаса поверхностного слоя) относится метод обработки в магнитном поле – электроферромагнитная обработка, обработка в импульсном магнитном поле [6]. Метод можно применять как для повышения стойкости режущего инструмента – резцов, сверел, плашек, так и для матриц и пуансонов разделительных штампов холодной листовой штамповки. Сложность заключается в расчёте значения остаточной индукции: и напряженности, необходимых для намагничивания инструмента.

Пятый класс (с изменением шероховатости поверхностного слоя) включает в себя следующие методы:

а) электрохимическое полирование (окувание в ванну в струе электролита);

б) обработка резанием (шлифование, суперфиниширование):

в) пластическое деформирование (накатка, раскатка).

Эти методы в основном применимы для режущего инструмента, применяемого на станках – резцы, свёрла, метчики, плашки и т.д. Остаточные напряжения сжатия, полученные режущим инструментом в результате обкатки, затрудняют отрыв частиц инструмента и уменьшает износ. Однако существует возможность образования шлифовочных трещин на поверхности инструмента при неправильно выбранном режиме обработки. Стойкость инструмента увеличивается в 1,3 – 2 раза.

К шестому классу (с изменением структур по всему объему металла) относятся:

а) термическая обработка при положительных температурах (закалка светлая, обычная, несквозная, сквозная, изотермическая, с самоотпуском, с непрерывным охлаждением ступенчатая, отпуск низкий, высокий);

б) криогенная обработка (закалка с обработкой холодом с температуры закалки или охлаждение с нормальной температуры).

Термообработка при положительных температурах изменяет прочностные характеристики по всему сечению детали, что не всегда приемлемо. Криогенные методы есть смысл использовать для сталей с повышенным содержанием остаточного аустенита.

Результаты анализа различных классов и групп упрочнения можно представить в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ различных классов упрочнения металлов

Классы упрочнения	Сложность выполнения	Стоимость оборудования	Стоимость материалов	Универсальность выполнения	Прочность слоя	Твердость	Возможность применения для упрочнения штампов
с образованием пленки на поверхности	+ -	+ -	+	+	+	+ -	+
с изменением химического состава поверхностного слоя	+	+	+	-	+ -	+ -	+ -
с изменением структуры поверхностного слоя	+ -	+ -	+	+ -	+ -	+ -	-
с изменением энергетического запаса поверхностного слоя	-	-	+ -	-	+ -	+ -	+ -
с изменением шероховатости поверхностного слоя	+	+ -	+	+ -	+	+	-
с изменением структур по всему объему металла	+	+	+	+	-	+	+

- (+) - положительное влияние на указанные технологические и эксплуатационные характеристики;

- (-) – отрицательное влияние на указанные технологические и эксплуатационные характеристики;

После рассмотрения различных классов упрочнения был сделан вывод о приемлемости для упрочнения штампов в современных условиях первого класса – с образованием пленки на поверхности, т.к. эти способы упрочнения позволяют получить твердые, износостойкие поверхностные слои из различных материалов на разделительных кромках штампов различной конфигурации. Для выбора одного из методов, относящихся к этому классу также можно провести анализ применимости рассмотренных методов для упрочнения штампов (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнительный анализ различных способов упрочнения металлов

Способ упрочнения	Сложность выполнения	Стоимость оборудования	Стоимость материалов	Универсальность выполнения	Прочность слоя	Твердость	Возможность применения для упрочнения штампов
Осаждение химической реакцией (оксидирование, сульфидирование, фосфатирование и т.д.);	-	+	+	-	-	+	-
Электролитическое осаждение (хромирование, никелирование, борирование и др.);	+	+	+	-	-	+	+
Осаждение твердых осадков из паров электроискровое легирование	+	+	+	+	+	+	+
Напыление износостойких соединений (плазменное напыление, детонационное напыление, электродуговое и лазерное напыление).	-	-	+	+	+	+	+

(+) - положительное влияние на указанные технологические и эксплуатационные характеристики;

(-) – отрицательное влияние на указанные технологические и эксплуатационные характеристики;

Таким образом, для упрочнения штампов целесообразным является способ упрочнения с образованием пленки на поверхности, т.к. он позволяет получить твердые, износостойкие поверхностные слои из

различных материалов на разделительных кромках штампов различной конфигурации. Для упрочнения разделительных штампов одним из наиболее рациональных является метод электроискрового легирования, т.к. он обеспечивает высокую износостойкость и твердость инструмента, высокую производительность, возможность применения несложного оборудования и применим для штампов различной формы.

Приведен анализ существующих методов упрочнения разделительных штампов с дальнейшим обоснованием возможности использования электроискрового легирования для повышения стойкости штампового инструмента.

It was given the analysis of present methods of strengthening the separation stamps with further substantiating the opportunity of using electric-shark alloying for increasing the hardness of stamp equipment.

Библиографический список

1. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки. М.: Машиностроение, 1977. - 276с.
2. А. Хасуи, О. Моригаки Наплавка и напыление. М.: Машиностроение, 1985. - 239с.
3. Rogov V.A., Ushomirskaya L.A., Chudaikov A.D. Основы высоких технологий. М.: Вузовская книга, 2001. - 247с.
4. Тюрин Ю.Н. и др. Электролитно-плазменное упрочнение деталей буровых станков. Сварщик, №4, 1998.
5. Дубинин Г.Н., Коган Я.Д. Прогрессивные методы химико термической обработки. М.: Машиностроение, 1979. - 183с.
6. Самсонов В.Г., Верхотуров А.Д. Электроискровое легирование металлических поверхностей. Киев, Наукова думка, 1976. - 220с.