

АНАЛИЗ ПРИЧИН ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ДЕФОРМИРУЮЩЕГО ИСТРУМЕНТА, ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Гринь А. Г., Жариков С. В., Дудинский А. Д.

Инструмент горячего деформирования на основе меди работает в экстремальных нагрузках и температурных условиях, но обладает недостаточной прочностью, что обуславливает дополнительные материальные затраты. Проведен анализ причин выхода из строя деформирующего инструмента и легирующих элементов, способных повысить прочность, способов восстановления и повышения долговечности. Обозначены основные требования к наплавленному металлу. Представлены наиболее эффективные способы восстановления. Показана перспективность применения технологического процесса химико-термической обработки с последующей наплавкой порошковой проволокой, что позволяет повысить эффективность упрочнения рабочей поверхности инструмента деформирования металлов в горячем состоянии.

Инструмент гарячого деформування на основі міді працює в екстремальних навантаженнях і температурних умовах, але має недостатню міцність, що обумовлює додаткові матеріальні витрати. Проведено аналіз причин виходу з ладу деформуючого інструменту і легируючих елементів, здатних підвищити міцність, способів відновлення і підвищення довговічності. Позначені основні вимоги до наплавленого металу. Представлені найбільш ефективні способи відновлення. Показана перспективність застосування технологічного процесу хіміко-термічної обробки з наступним наплавленням порошковим дротом, що надає можливість підвищити ефективність зміцнення робочої поверхні інструменту деформування металів у гарячому стані.

The tool of hot straining on the basis of copper works under extreme loads and temperature conditions, but has insufficient strength, that leads to additional material costs. Analysis of the causes of the deforming tool failure and alloying elements capable to increase strength, ways of restoration and durability enhancement is conducted. Basic requirements to the deposited metal are designated. The most effective ways of restoration are presented. The prospect of the technological process of thermochemical treatment with the subsequent powder wire surfacing, which allows to improve hardening of the working surface of the metal deforming tool in hot state, is shown.

Гринь А. Г.

канд. техн. наук, доц. каф. СП ДГМА

Жариков С. В.

канд. техн. наук, ст. преп. каф. СП ДГМА

Дудинский А. Д.

аспирант ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621. 791. 75

Гринь А. Г., Жариков С. В., Дудинский А. Д.

АНАЛИЗ ПРИЧИН ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ДЕФОРМИРУЮЩЕГО ИСТРУМЕНТА, ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Надежность и эффективность процессов кузнечно-прессового производства существенно зависит от стойкости и себестоимости деформирующего инструмента. Прессовый инструмент для изготовления труб и подобных изделий из сплавов на основе меди, работающий в экстремальных силовых и температурных условиях, обладает относительно невысокой стойкостью, что обуславливает необходимость увеличения материальных затрат на подготовку производства. Материал рабочей поверхности инструмента и режим процесса деформирования, определяющие стойкость инструмента, являются взаимодействующими факторами. Отличительной особенностью развития прессового передела является расширение сортамента изделий сложной конструкции, повышение требований к точности размеров и качества поверхности полученных изделий.

При разработке наплавочного материала для восстановления и упрочнения деформирующего инструмента необходимо обеспечить выполнение противоречивых требований: высокая стойкость при минимальных затратах.

Целью данной работы является анализ износа и выбор оптимальных способов восстановления и повышения долговечности инструмента горячего деформирования сплавов на основе меди.

Прессовый инструмент условно делится на 2 группы. К первой группе относится инструмент, имеющий непосредственный контакт с нагретым деформируемым металлом (матрицы, пресс-шайбы, внутренние втулки контейнеров, прошивные иглы и матрицедержатели). Ко второй – инструмент, не имеющий прямого контакта с деформируемым металлом (пресс-штемпель, иглодержатели, переходные патроны, контейнеры, промежуточные втулки контейнеров, упорные кольца).

Инструмент первой группы работает в наиболее тяжелых условиях, как-то: высокое давлений (до 1200 МПа), знакопеременные нагрузки, интенсивное трение, высокая температура, а также резкие температурные изменения, обуславливающие дополнительные температурные напряжения.

Причины выхода из строя инструмента деформирования типа пресс-шайба, пуансон для выдавливания можно разделить следующим образом: износ, разрушение и смятие.

Износ можно разделить на общий, подразумевающий изменение размеров деформирующего инструмента за счет процесса физического истирания, т.е. уносом с рабочей поверхности мельчайших частиц материала инструмента деформируемым металлом и локальный износ, подразумевающий выкрашивание, а также смятие рабочих кромок инструмента за счет анизотропии свойств его материала, нарушений технологического процесса изготовления и эксплуатации.

Разрушение инструмента, прежде всего, связано с наличием трещин на рабочей поверхности вследствие разгара, чему способствует термоциклическое нагружение. Локальное разрушение связано с неоднородностью металла инструмента.

Смятие относительно рабочей поверхности инструмента проявляется в пластическом деформировании рабочих элементов из-за температурного и силового воздействия, что является характерной причиной выхода его из строя при деформировании заготовки в горячем состоянии.

Иллюстрационным примером причин выход из строя инструмента деформирования является прошивной пуансон изготовления трубы из медного сплава (рис. 1).



Рис. 1. Прошивной пуансон изготовления трубы из медного сплава

Прошивной пуансон представляет собой тело вращения сложного профиля. Габаритные размеры: длина $L_{\max}=305\text{мм}$, $\varnothing_{\max}=106.5\text{мм}$. Пуансон состоит из цилиндрической и конической части особого профиля. Предусмотрено крепление пуансона в прессе посредством резьбовой части $M56 \times 3$. Внутри по оси пуансона высверлен цилиндрический канал $\varnothing=20\text{мм}$, обеспечивающий необходимое охлаждение пуансона во время работы. Изготавливается пуансон поковкой из стали 60ХНМ. Кольцо изготавливается то же поковкой из стали 60ХНМ.

На рабочей поверхности конической части пуансона имеет место:

- смятие металла, как результат силового воздействия деформируемого металла при температуре $800 \dots 900^\circ\text{C}$;
- следы осповидного износа с развитием сетки трещин;
- износ схватыванием, происходящий за счет сваривания трущихся пар по микронеровностям с последующим вырывом или микросрезом по сваренным участкам; – окислительный износ, представляющий последовательное образование, разрушение и вынос окислов из контактной зоны;
- абразивный износ определяется воздействием твердых частиц некоторых продуктов износа – окислов, карбидов;

Износ смятием вызывает изменение геометрических форм инструмента и увеличивается по мере увеличения числа прессовок. При перемещении трущихся поверхностей, в результате пластического сдвига отдельных объемов, образуются участки упрочненного металла, в ряде случаев с образованием наростов.

На цилиндрической части пуансона имеет место истирание рабочей поверхности деформируемым металлом, его локальное налипание и вырывы.

Наиболее опасным видом износа является разгарная сетка, т.к. при соприкосновении инструмента с нагретой заготовкой напряжение в его поверхностном слое достигает предела текучести, вызывая пластическую деформацию. По мере достижения максимальных температур величины напряжений в упруго деформируемом слое растут, а при охлаждении вначале падают до нуля, а затем принимают противоположный знак. Напряжения во внутреннем слое также перераспределяются.

При обследовании пресс-шайб и матриц установлено также, что для каждого конкретного инструмента всегда можно выделить один из видов износа, который оказывает решающее воздействие, выводя инструмент из строя.

Анализ условий работы инструмента показал, что в результате значительных температурно-силовых воздействий в поверхностных слоях инструмента происходят структурные

изменения, приводящие к неравномерному распределению твердости по его сечению и к охрупчиванию металла.

Также важным фактором является устойчивость против разупрочнения в результате нагрева (устойчивость против высокого отпуска), оценить которую возможно по твердости материала. Разупрочнение определяется скоростью укрупнения карбидов и сохранением свойств легированного феррита, за счет замедления диффузии углерода из основной матрицы металла инструмента.

Таким образом, инструмент для горячего деформирования металлов работает в условиях значительных тепловых и силовых нагрузок и подвергается различным видам износа, основными из которых являются: механическое истирание, образование сетки разгарных трещин.

На основании проведенного анализа можно сформулировать основные требования, предъявляемые к наплавленному металлу для прессового инструмента горячего деформирования. Этот металл должен:

- иметь необходимую твердость при рабочих температурах;
- обладать высокой прочностью при достаточном уровне пластичности;
- хорошо противостоять образованию трещин при высоких термических напряжениях;
- хорошо сопротивляться износу при повышенных температурах.

Обеспечение требуемых свойств достигается легированием стали.

Применение хрома в инструментальных сталях основывается на способности этого элемента хорошо растворяться, образуя прочные карбиды, повышать прочность ферритной составляющей стали, усталостной прочности и прокаливаемости, оказывать заметное влияние на дисперсность получаемых структур [9]. Наличие в структуре карбидов хрома способствует увеличению красностойкости, износостойкости и повышению прочности сталей при высоких температурах. Легирование стали хромом препятствует росту зерна [10,11]. При возрастании содержания хрома свыше 3% наблюдается повышенная устойчивость против снижения твердости при отпуске [12], что можно объяснить увеличением количества специальных карбидов.

Теплостойкость и красностойкость в стали могут быть значительно повышены легированием вольфрамом.

Вольфрам является основным элементом, обеспечивающим стали красностойкость [10, 11]. Это объясняется способностью вольфрама образовывать стойкие и сложные карбиды.

Вольфрам повышает теплостойкость стали, причем это очень сильно сказывается при содержании его до 8%. Увеличение его содержания положительно сказывается на сохранении твердости при высоких температурах [12]. Сочетание хрома с вольфрамом оказывает положительное влияние на свойства сталей, предназначенных для прессового инструмента в отношении снижения чувствительности к образованию сетки трещин разгара.

В стали, содержащие вольфрам и хром, часто вводится ванадий. Промышленное значение ванадия, как легирующего элемента, связано с его влиянием на закаливаемость и устойчивость стали против отпуска. Из других элементов, которые применяются для легирования штамповых сталей и сталей для прессового инструмента следует отметить марганец, кремний, никель, молибден и кобальт.

Исходя из анализа условий работы инструмента, для горячей обработки металлов следует, что для его наплавки требуется высокая степень легирования, производственная надежность и универсальность метода легирования. В связи с этим целесообразным является применение порошковых проволок и, в первую очередь, самозащитных.

Известна группа порошковых проволок для восстановления штампов горячей обработки металла [4]. Эти проволоки в основной своей массе построены на применении кобальта, молибдена, никеля, хрома, кремния, алюминия и титана, обеспечивают наплавку мартенситно-старееющего или дисперсионно-твердеющего металла, т.е. рассчитанного на упрочне-

ние под действием рабочих температур либо после несложной термической обработки. Стойкость материала, наплавленного этими проволоками, колеблется в широких пределах. Высокая твердость дисперсионно-твердеющих сплавов отрицательно влияет на их разгаростойкость, что снижает работоспособность наплавленного инструмента.

В литературе имеется описание еще целого ряда порошковых проволок и лент [5–7], которые имеют ограниченное применение в конкретных условиях. Кроме того, применение порошковых проволок без внутренней защиты затруднено тем, что невозможно визуальное наблюдение за формированием шва в процессе наплавки под флюсом, а это затрудняет проведение рационального наложения валиков при восстановлении или упрочнении инструмента со сложным рабочим контуром.

Свободной от этих недостатков является наплавка открытой дугой самозащитной порошковой проволокой [7, 8]. Проведенные в последние годы исследования металлургических процессов сварки и наплавки порошковой проволокой с внутренней защитой показали возможность получения при этом металла высокого качества.

При наплавке самозащитной порошковой проволокой наблюдается гораздо меньшая чувствительность к влиянию внешних факторов на газонасыщенность металла наплавки и на его свойства по сравнению с наплавкой в CO_2 . Кроме того, не требуется дополнительного оборудования и материалов, возможно получение металла наплавки практически любого состава в соответствии с требованиями технических условий.

С применением самозащитной порошковой проволоки облегчается наплавка деталей сложной формы, глубоких внутренних поверхностей. Благодаря этим особенностям появляется возможность существенно расширить номенклатуру штампов и прессового инструмента, подвергаемых износостойкой наплавке механизированным способом.

Таким образом, из анализа современных наплавочных материалов следует, что наиболее перспективным для наплавки инструмента горячего деформирования металла является применение самозащитной порошковой проволоки. Вместе с тем применение дуговой наплавки позволяет получить упрочняющий слой практически неограниченной толщины, но при этом не всегда возможно добиться требуемых свойств упрочняемого слоя.

Известным способом повышения срока службы инструмента работающего в условиях повышенных температур является химико-термическая обработка (ХТО) [15, 17].

Применение для упрочнения штампов ХТО (алитирования или хромоалитирования) обеспечивает наличие тонкого упрочняющего слоя толщиной до 0,3...0,4 мм, что недостаточно для повышения долговечности инструмента при окислительном и абразивном износе.

Повысить технологичность и эффективность, процесса упрочнения инструмента, можно применив наплавку по алитированному слою [13, 14].

Проведенные исследования показали, что хромоалитирование проведенное в механической смеси хрома и алюминия при температуре 800°C в течение 60 мин. позволяет получить диффузионный слой толщиной до 0,4 мм обогащенный хромом, алюминием и их соединениями с железом. В процессе ХТО происходит одновременное насыщение металла хромом и алюминием. Наличие алюминия в смеси создает на поверхности металла равномерный слой алюминида. Раствор хрома в железе и его карбиды локализуются в поверхностном слое. Диффузионное насыщение поверхности металла двумя элементами обеспечивает однородность состава и механических свойств по сечению образца на толщину (0,3...0,45) мм. Алюминий обеспечивает формирование покрытий со специальными свойствами за счет образования интерметаллидных фаз с уникальным сочетанием твердости, коррозионной стойкости и теплостойкости [16].

При последующей наплавке на хромоалитированную поверхность происходит его перемешивание с электродным металлом. В результате перемешивания жидкого металла и металлургических процессов, на стадии сварочной ванны, происходит равномерное насыщение наплавленного слоя раствором алюминия, хрома и их соединениями [13, 14].

ВЫВОДЫ

Прессовый инструмент деформирования металлов в горячем состоянии работает в условиях значительных тепловых и силовых нагрузок и подвергается различным видам износа, основными из которых являются: механическое истирание, образование сетки разгарных трещин.

Из анализа условий работы инструмента для горячей обработки металлов следует, что для его наплавки требуется высокая степень легирования, достичь которую возможно применением дорогих и дефицитных легирующих материалов.

Повысить эффективность упрочнения инструмента деформирования металлов в горячем состоянии, можно применив технологический процесс ХТО с последующей наплавкой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы технологии машиностроения. Под редакцией В.С. Корсакова. Изд. 3-е, доп. и перераб. Учебник для вузов. – М «Машиностроение», 1977. – 416 с.
2. Крагельский И. В. Трение и износ / И. В. Крагельский. – М. : Машиностроение, 1988. – 480 с.
3. Тылкин М.А. Повышение долговечности деталей металлургического оборудования. – М.: Металлургия, 1971. – 608 с.
4. Бармин Л.Н. Свойства мартенситно стареющих сплавов для наплавки инструмента горячего и холодного деформирования / Л. Н. Бармин, Н. В. Королев, А. В. Пряхин // В кн.: Теоретические и технологические основы наплавки. Свойства и испытания наплавленного металла. – Киев : изд- во ИЭС им. Е.О. Патона АН УССР, 1979. – С. 55–61.
5. Карпенко В.М. Повышение стойкости прессового инструмента путем механизированной наплавки самозащитной порошковой проволокой / В. М. Карпенко, А. Д. Кошевой, А. В. Гаврилов // В сб.: Пути повышения эффективности сварочного производства и улучшения качества сварных конструкций. – Минск, 1978. – С. 64–65.
6. Порошковая проволока для наплавки прессового инструмента / Карпенко В.М., Кошевой А.Д., Катренко В.Т. [и др.]. – Экспресс-ин-формация. Сварка, термообработка, покрытия. – М. – №3. – 1981. – С. 1–7.
7. Оптимизация состава наплавленного металла для прессового инструмента / В. М. Карпенко, А. Д. Кошевой, В. Т. Катренко [и др.] // В кн.: Теоретические и технологические основы наплавки. Наплавка деталей и оборудования металлургии и энергетики. – Киев, ИЭС им. Е.О.Патона АН УССР, 1980. – С. 42–48.
8. Юзвенко Ю.А. Порошковая проволока для наплавки / Ю.А. Юзвенко // Автоматическая сварка. – 1972. – №5.
9. Вельский Е.И. Стойкость кузнечных штампов / Е. И. Вельский. – Минск: Наука и техника, 1975. – 239 с.
10. Лейначук Е.И. Влияние хрома на стойкость металла шва против образования кристаллизационных трещин / Е. И. Лейначук, В. В. Подгаецкий, Г. И. Парфессо // Автоматическая сварка. – 1978. – №1. – С. 20–23.
11. Федоров А.В. Влияние хрома на образование трещин при термической обработке сварных соединений из стали типа 15Х2НМФА / А. В. Федоров, А. С. Зубченко, Ю. А. Витер // Автоматическая сварка. – 1973. – №2.
12. Геллер Ю.А. Инструментальные стали / Ю. А. Геллер. – М.: Металлургия, 1975. – 584 с.
13. Патент на корисну модель 42534 Україна МПК/ Електрод для дугового зварювання / Гринь О.Г., Заблоцький В.К., Шимко В.Ш., Гринь В.О., В23К 35/30 (2006.01). – № и200901083 ; заявл. 11.02.2009 ; опубл. 10.07.2009, Бюл. № 13. – 2 с.
14. Патент на корисну модель 100695 Україна МПК/ Спосіб виготовлення покритих електродів для зварювання / Гринь О.Г., Дудинський О.Д., (В23К 35/02 (2006.01). – № и201500172 ; заявл. 12.01.2015 ; опубл. 10.08.2015, Бюл. № 15. – 2 с.
15. Заблоцький В.К. Особенности влияния алитирования на структуру и свойства стали 10 / В. К. Заблоцький, А. И. Шимко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – X., 2005. – № 6. – С. 33–36.
16. Гринь А.Г. Способ повышения долговечности прошивных штампов / А. Г. Гринь, С. В. Жариков, А. Д. Дудинский // Сварка и родственные технологии, перспективы развития. Материалы IV международной научно-технической конференции. 04-07 октября 2016г.: Под общ. ред. д-ра техн. наук Н.А. Макаренко. – Краматорск : ДГМА, 2016. – 140 с.
17. Heat and Thermochemical Treatment of Structural and Tool Steels/ Aneta BARTKOWSKA, Mikołaj POPLAWSKI, Damian PRZESTACKI // Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. – 2015, Vol. 60(2). – [Электронный ресурс] – http://www.pimr.poznan.pl/biul/2015_2_BPP.pdf.