

УДК 621.983.044

Е.А. ФРОЛОВ¹, А.Л. КОМАРОВА², О.В. НОСЕНКО³, С.И. КРАВЧЕНКО³¹ *Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», Украина*² *Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Украина*³ *Полтавский национальный технический университет имени Ю. Кондратюка, Украина*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕДНОГО ПОКРЫТИЯ ИЗ СОЛЕВОГО РАСПЛАВА НА ПРОЦЕСС ГЛУБОКОЙ ВЫТЯЖКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ

Приведены результаты исследований влияния медного покрытия на механические свойства заготовок и деталей, полученных многопереходной глубокой пневмударной вытяжкой. Проанализированы зависимости распределения микротвердости по сечению заготовок и по сечению стенки изделий. Определено, что наиболее эффективным методом интенсификации процессов пневмударной штамповки нержавеющей коррозионностойких сталей является использование диффузионных медных покрытий, предварительно нанесенных на заготовки из расплавов солей.

Ключевые слова: пневмударная глубокая многопереходная вытяжка, покрытие, медь, твердость, прочность, деформация.

Введение

Управление силами контактного трения и их мобилизация для выполнения технологических функций способствует наиболее рациональному перераспределению материала из определенного начального состояния в конечное, посредством высокоскоростного нагружения и предполагает значительную эффективность при обработке металлов давлением из высокопрочных сталей.

Особое место занимают детали сложной формы с местным рельефом тонкостенных элементов газотурбинных авиационных двигателей, получаемые глубокой вытяжкой из коррозионностойких сталей (12X18H10T, 12X18H9T, X18H10T). Одной из важнейших особенностей этих сталей является их ярко выраженная способность к налипанию на инструмент и повышенная склонность к упрочнению при деформировании.

1. Формулирование проблемы

1.1. Анализ последних исследований и достижений

Довольно большое количество приемов совершенствующих технологические процессы получения деталей сложной формы машино- и авиадвигателестроения методами гидроимпульсной штамповки составляют способы, снижающие или увеличивающие

силы трения за счет применения физико-химической обработки поверхностей, а также использования фрикционных и антифрикционных сред [1,2].

Среди них наиболее выделяются следующие:

1. Применение эффективных смазок.

В технологических процессах импульсной обработки металлов давлением изучена смазочная способность десятка различных веществ. Некоторые из них могут снижать коэффициент трения в 5 – 6 раз [3].

2. Применение тормозящих сред (антисмазок).

В качестве антисмазок могут быть применены материалы в виде порошков и паст, твердость которых выше твердости поверхности инструмента: порошок корунда, окиси алюминия, доменный шлак и т.д. Некоторые жидкие вещества могут также повышать коэффициент трения, к числу таких веществ относятся гель кремнезема [4].

3. Плакирование и применение специальных покрытий.

Экспериментальные данные [5] свидетельствуют о том, что при обработке металлов давлением плакированные металлы ведут себя иначе, чем при тех же условиях однородные металлы.

Одним из наиболее перспективных путей интенсификации глубокой высокоскоростной вытяжки коррозионностойких сталей является применение специальных металлических диффузион-

ных покрытий наносимых на поверхность заготовки из расплавов солей, надежно экранирующих основной металл и предупреждающих тем самым схватывание его частиц с инструментом (матрицей) [6].

Промышленное апробирование при инструментальной штамповке показало, что применение этих покрытий уменьшает контактное трение и снижает наклеп главным образом поверхностных слоев заготовки.

Однако процесс интенсификации пневмоударной штамповки сложнорельефных деталей с использованием пластифицирующих покрытий мало изучен [7].

1.2. Постановка задачи

Целью настоящих экспериментальных исследований является определение степени влияния медного диффузионного покрытия на механические свойства (твердость, степень деформации) заготовок и отштампованных деталей, полученных многопереходной пневмоударной глубокой вытяжкой из коррозионностойких нержавеющей сталей марки 12Х18Н9Т и 12Х18Н10Т.

Как правило, листовая нержавеющая сталь, предназначенная для вытяжки глубоких полых цилиндрических и сложнорельефных изделий, имеет толщину от 0,5 до 1,5 мм. Наличие на ее поверхности медного покрытия, обладающего меньшим пределом прочности и текучести, наличие между покрытием и основой промежуточной диффузионной зоны глубиной 8-20 мкм, приводят к возникновению неоднородности механических свойств по сечению листовой заготовки.

Изучение неоднородности механических свойств происходит на основе распределения микротвердости в поперечном сечении.

Данный метод оценки механических свойств базируется на предположении о том, что большей величине твердости соответствует большее значение предела текучести.

2. Решение проблемы

2.1. Методика исследований

Замер микротвердости в поперечных сечениях образцов осуществляли по стандартной методике на приборе ПМТ-3 путем внедрения алмазной пирамиды с углом у вершины 136 град под нагрузкой 0,5 Н.

В целях получения большего числа отпечатков в слое покрытия, в переходном слое, в основном металле, определение микротвердости проводили на косых шлифах с углом наклона поверхности среза к оси симметрии 0,09 рад.

Для заливки исследуемых образцов использова-

ли самотвердеющую пластмассу «бутакрил», обладающую высокой упругостью и прочностью.

В качестве исследуемого материала были взяты:

1 – сталь 12Х18Н9Т толщиной 1,0 мм с медным покрытием;

2 – сталь 12Х18Н10Т толщиной 0,7 мм с медным покрытием;

3 – сталь 12Х18Н10Т толщиной 0,5 мм с медным покрытием;

4 – нержавеющая сталь с полированной поверхностью толщиной 0,5 мм без медного покрытия;

5 – нержавеющая сталь с полированной поверхностью толщиной 0,7 мм без медного покрытия;

6 – сталь 12Х18Н9Т толщиной 1,0 мм без медного покрытия;

7 – сталь 12Х18Н10Т толщиной 0,7 мм без медного покрытия;

8 – медь толщиной 1,0 мм.

Микротвердость на косых шлифах измеряли через промежутки равные 20 мкм.

По результатам замера микротвердости H_{μ} строили графики в координатах: микротвердость – в мегапаскалях, расстояние от края образца – в микронах.

Следует отметить, что данное расстояние, измеренное на косых шлифах, пересчитывали на истинное значение.

2.2. Анализ результатов исследования

Полученные зависимости распределения микротвердости по сечению заготовок показаны на рис. 1.

Анализ графиков позволяет заключить следующее. Если микротвердость на поверхности покрытых заготовок (образцы 1, 2, 3) принять равной 1000...1200 МПа, согласно данным замера микротвердости листовой меди (образец 8), то наличие медного диффузионного покрытия промежуточной зоны в 30...50 мкм, возникшей в результате встречной диффузии меди и основного металла при обработке в солевом расплаве, создает значительный положительный градиент механических свойств от поверхности к основе, в отличие от непокрытых заготовок, для которых (образцы 6, 7) имеет место некоторый отрицательный градиент изменения механических свойств.

Для листовых заготовок со специальной подготовкой поверхности (образцы 4, 5) положительный градиент незначителен, однако по сравнению с обычной листовой нержавеющей сталью без медного покрытия данные материалы обладают

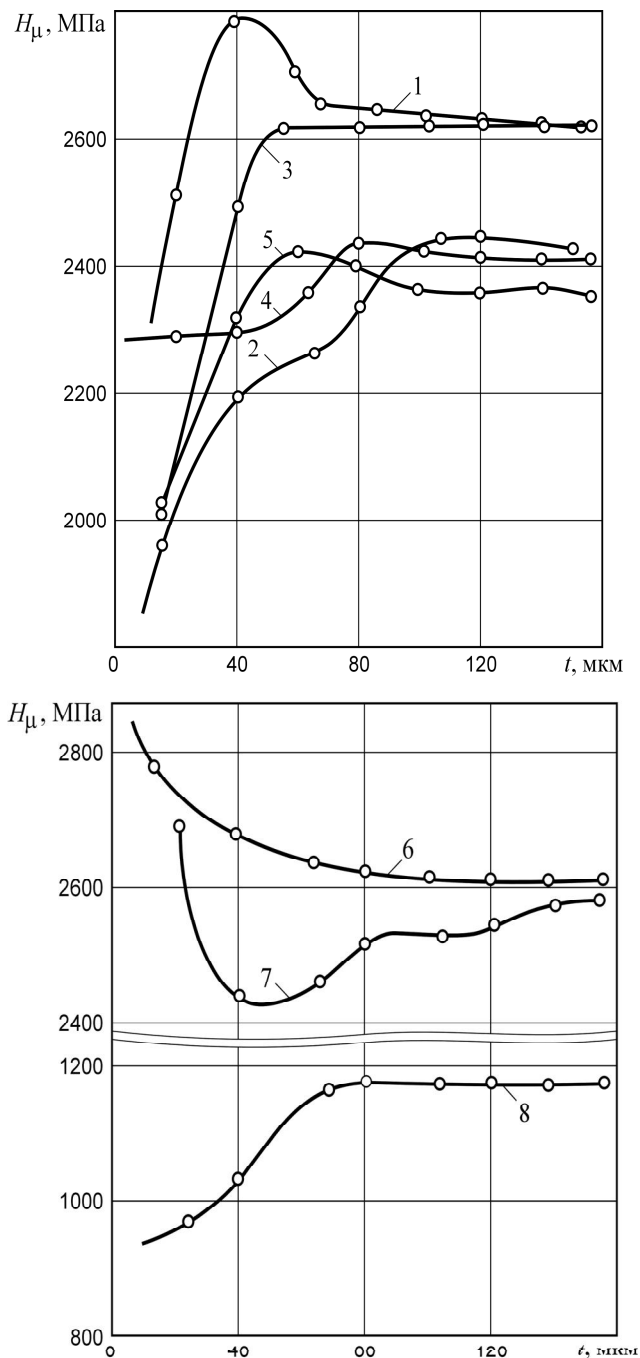


Рис. 1. Микротвердость поверхностных слоев листовых заготовок для глубокой вытяжки:
 1 – сталь 12Х18Н9Т толщиной 1,0 мм с медным покрытием; 2 – сталь 12Х18Н10Т толщиной 0,7 мм с медным покрытием; 3 – сталь 12Х18Н10Т толщиной 0,5 мм с медным покрытием; 4 – нержавеющая сталь с полированной поверхностью толщиной 0,5 мм без медного покрытия; 5 – нержавеющая сталь с полированной поверхностью толщиной 0,7 мм без медного покрытия; 6 – сталь 12Х18Н9Т толщиной 1,0 мм без медного покрытия; 7 – сталь 12Х18Н10Т толщиной 0,7 мм без медного покрытия; 8 – медь толщиной 1,0 мм

значительно большей способности к глубокой вытяжке. Например, удалось осуществить двухоперационную вытяжку изделий из нержавеющей стали со специальной подготовкой поверхности; коэффициенты вытяжки при этом были: $m_1 = 0,63$; $m_2 = 0,8$.

В наиболее общем виде изменение твердости (предела текучести) по сечению листовых материалов можно представить графиками (кривые 1 и 2), изображенными на рис. 2.

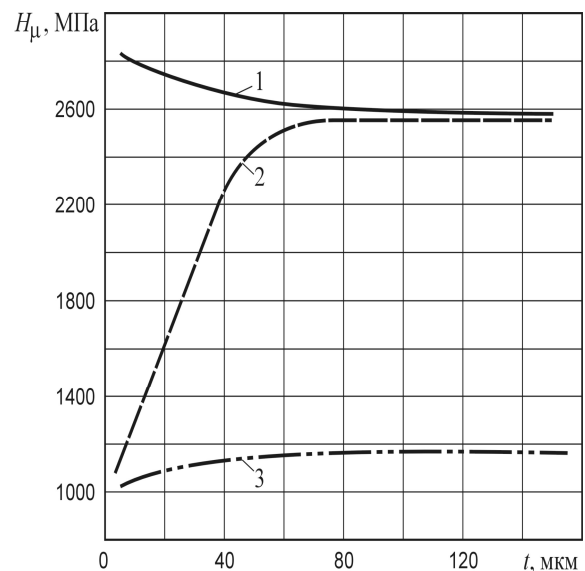


Рис. 2. Общий вид кривых изменения микротвердости по сечению металла:
 1 – обычной стали 12Х18Н10Т; 2 – той же стали, обработанной в солевом расплаве с нанесением медного диффузионного покрытия; 3 – меди

После каждой операции отбирали полуфабрикаты, вблизи краевой части которых вырезали образцы для исследования. Процесс замера микротвердости ничем не отличался от аналогичной операции для листовых заготовок.

Для исследования распределения микротвердости по сечению стенки изделий были получены детали многопереходной пневмоударной штамповкой с коэффициентами вытяжки по операциям $m_1 = 0,63$; $m_2 = m_3 = m_4 = 0,8$ из заготовок диаметром 210 мм, толщиной 0,5 мм.

Исследование распределения микротвердости по сечению стенки изделий (рис. 3) показало следующее:

1. При глубокой вытяжке изделий из тонколистовых нержавеющих сталей 12Х18Н10Т, 12Х18Н9Т твердость распределена неравномерно: при обычной вытяжке ее значение для поверхностных слоев заметно превышает твердость основы; при вытяжке с медным покрытием из солевого расплава поверхностные слои упрочняются значительно меньше, чем основной металл. Сле-

довательно, если принять во внимание, что между твердостью и степенью деформации существует однозначная зависимость, можно сделать вывод: медное покрытие локализует основную сдвиговую деформацию и снижает степень использования запаса пластичности поверхностных слоев.

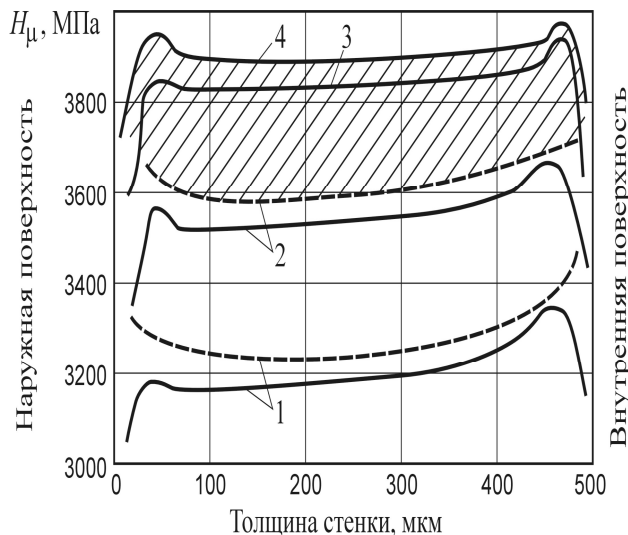


Рис. 3. Распределение микротвердости (степени деформации) по сечению стенки изделий:
 ————— — полученных многопереходной вытяжкой с медным покрытием из солевого расплава;
 ————— — полученных вытяжкой без покрытия;
 /// — необходимость отжига заготовки без покрытия (третьи-четвертые переходы);
 1 – 4 – номер операции

2. При вытяжке, как с покрытием, так и без покрытия, внутренняя поверхность изделия упрочняется больше, чем наружная. Это объясняется тем, что на перетяжном ребре матрицы, где имеет место изгиб с растяжением, частицы металла, находящиеся вблизи внутренней поверхности изделия, получают дополнительное растяжение. С увеличением числа переходов разница в степени наклепа наружных и внутренних слоев уменьшается и к четвертому переходу вытяжки становится практически незаметной.

3. Использование медного покрытия из расплава солей несколько снижает упрочнение и в объеме металла.

Заключение

1. Наиболее эффективным методом интенсификации процессов пневмоударной штамповки нержавеющей коррозионностойких сталей является использование диффузионных медных покрытий, предвари-

тельно нанесенных на заготовки из расплавов солей.

2. Таким образом, исключение схватывания материала заготовки с инструментом и снижение упрочнения деформируемого металла (особенно в поверхностных слоях) дает возможность ужесточить режимы пневмоударного деформирования, повысить предельные степени вытяжки и исключить промежуточные термообработки при многооперационной штамповке тонколистовых сложнорельефных деталей ($b = 0,5 \div 1,5$ мм).

Литература

1. Пневмоударная и статикодинамическая штамповка листовых деталей упругими средами. [Текст]: монография / Е.А. Фролов, А.Я. Мовшиович, И.В. Манаенков, А.Ф. Тарасов, Л.Л. Роганов. – Харьков: Изд.центр НТУ «ХПИ», 2010. – 268 с.
2. Семенов, А.П. Схватывание металлов [Текст] / А.П. Семенов. – М.: Машиз, 1968. – 280 с.
3. Борисевич, В.К. Гидродинамическая теория смазки в технологических процессах высокоскоростного деформирования [Текст] / В.К. Борисевич, В.В. Драгобецкий // В кн.: Импульсная обработка давлением. – Х.: ХАИ, 1983. – С. 7 – 13.
4. Горништейн, М.М. Трение и технологические смазки при прокатке [Текст] / М.М. Горништейн. – Киев: Техника, 1972. – 190 с.
5. Кузнецов, В.М. Применение пластифицирующего медного покрытия при глубокой вытяжке изделий [Текст] / В.М. Кузнецов, Ю.И. Катаев // Кузнечно-штамповочное производство. – 1977. – № 9. – С. 45.
6. Фролов, Е.А. Интенсификация процесса пневмоударной листовой штамповки с использованием пластифицирующих покрытий заготовок [Текст] / Е.А. Фролов // Авіаційно-космічна техніка і технологія: зб. наук. праць Нац. аерокосм. унта ім. М.Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т». – Вип. 31. – Х., 2002. – С. 150 – 153.
7. Степанов, Ю.Д. Исследование процессов волочения труб и прутков из титановых сплавов с металлическими покрытиями и обоснование выбора параметров станов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.05; 15.06.07 / Степанов Юрий Дмитриевич. – Свердловск, 1977. – 177 с.

Поступила в редакцию 28.01.2013, рассмотрена на редколлегии 13.02.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. каф. интегрированных технологий А.Я. Мовшович, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МІДНОГО ПОКРИТТЯ ІЗ СОЛЬОВОГО РОЗПЛАВУ НА ПРОЦЕС ГЛИБОКОГО ВИТЯГУ ДЕТАЛЕЙ З КОРОЗІЙНОСТІЙКИХ СТАЛЕЙ

Є.А. Фролов, Г.Л. Комарова, О.В. Носенко, С.І. Кравченко

Приведено результати досліджень впливу мідного покриття на механічні властивості заготовівель і деталей, отриманих багатоперехідним глибоким пневмоударним витягом. Проаналізовано залежності розподілу мікротвердості по перетину заготовок і по перетину стінки виробів. Визначено, що найбільш ефективним методом інтенсифікації процесів пневмоударного штампування нержавіючих корозійностійких сталей є використання дифузійних мідних покриттів, заздалегідь нанесених на заготовки з розплавів солей.

Ключові слова: пневмоударний глибокий багатоперехідний витяг, покриття, мідь, твердість, міцність, деформація.

INFLUENCE OF COPPER COATINGS ON THE PROCESS SALT MELTS DEEP DRAWING OF STAINLESS STEEL PARTS

E.A. Frolov, A.L. Komarova, O.V. Nosenko, S.I. Kravchenko

Results on the effect of the copper coating on the mechanical properties of the work piece and the details obtained multistage air percussion deep hood. Dependences of distributing of micro hardness are analyzed on the section of purveyances and on the section of wall of wares. It is certain that by the most effective method of intensification of processes of air percussion forming corrosion of stainless steels is the use of diffusive copper coverages, preliminary inflicted on purveyances from fusions of salts.

Key words: air percussion deep multitransitional extraction, coverage, copper, hardness, durability, deformation.

Фролов Евгений Андреевич - д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии машиностроения, Полтавский национальный технический университет имени Ю. Кондратюка, Полтава, Украина.

Комарова Анна Леонидовна – доцент кафедры материалов и технологии изготовления изделий транспортного назначения, Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, Украина.

Носенко Олег Валентинович – аспирант кафедры технологии машиностроения, Полтавский национальный технический университет имени Ю. Кондратюка, Полтава, Украина.

Кравченко Сергей Иванович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии машиностроения, Полтавский национальный технический университет имени Ю. Кондратюка, Полтава, Украина.