

Основные направления совершенствования технологии глубокой вытяжки коррозионностойких хромоникелевых сталей

Полтавский национальный технический университет им. Ю. Кондратюка

Исследована способность хромоникелевых коррозионностойких сталей к глубокой вытяжке и особенности существующих технологий. Определены основные направления совершенствования технологии многопереходной глубокой вытяжки. Установлено, что наиболее перспективной является технология глубокой вытяжки с использованием металлических медных покрытий заготовок, предварительно нанесенных из расплавов солей и высокопроизводительного оборудования для статической и динамической штамповки без промежуточных термообработок.

Ключевые слова: глубокая вытяжка, листовые заготовки, оборудование, технология, металлические покрытия, термообработка.

Введение

Глубокая вытяжка листового металла представляет собой сложный процесс, производительность которого, эксплуатационные характеристики применяемого оборудования, качество изделий зависят от большого числа различных факторов. Важнейшими из них являются материал и форма получаемых изделий. Поэтому процесс глубокой вытяжки полых цилиндрических изделий из такого материала как нержавеющая коррозионностойкая сталь и эксплуатация необходимого для его осуществления технологического оборудования, будут иметь ряд особенностей.

Постановка задачи исследования

Широкое применение нержавеющей сталей в различных отраслях обусловлено их большой стойкостью к воздействию агрессивных сред, а также высокими прочностными характеристиками.

нержавеющие коррозионностойкие стали типа 12Х18Н10Т сочетают достаточную прочность в нормальном состоянии ($\sigma_{\text{г}}=600-650$ МПа) с весьма высоким относительным удлинением ($\delta=40-55\%$). Отношение $\sigma_{\text{с}} / \sigma_{\text{г}}=0,6-0,65$, что положительно сказывается на штампуемости.

Листовая нержавеющая сталь обладает анизотропными свойствами. При глубокой вытяжке нормальная анизотропия оказывает влияние на образование местных утонений, например, в опасном сечении; плоскостная анизотропия проявляется в образовании фестонов и впадин, что вызывает необходимость в обрезке края детали и приводит к потерям металла. В работе [1] экспериментально установлено влияние коэффициента нормальной анизотропии на предельный коэффициент вытяжки и усилие.

При анализе предельного формоизменения в процессах обработки металлов давлением, в том числе и при глубокой вытяжке, важной характеристикой металла является его пластичность.

На рис. 1.1. показана пластичность (степень деформации до разрушения) некоторых материалов по данным В.Л. Колмогорова [2]. Сталь 12Х18Н10Т по сравнению с другими материалами оказалась наименее чувствительной к изменению напряженного состояния, показателем которого принималось отношение σ/T : среднего гидростатического давления σ к интенсивности касательных напряжений T .

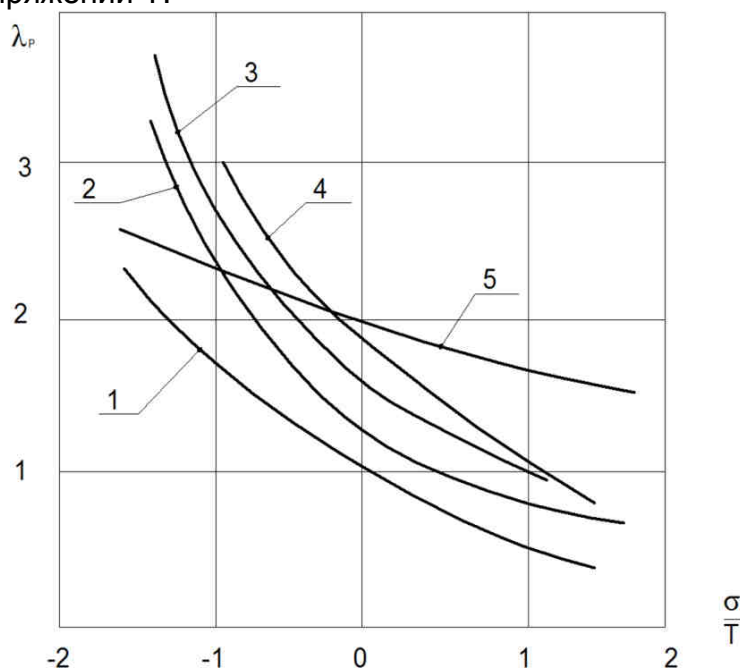


Рис. 1.1 – Зависимость пластичности некоторых материалов от показателя напряженного состояния: 1 – ВТ1-1; 2 – сталь 45; 3 – ШХ15; 4 – 30ХГСА; 5 – 12Х18Н10Т.

Кроме того, из рис. 1.1 следует, что сталь 12Х18Н10Т при всестороннем растяжении ($\sigma/T=1,8$) обладает наибольшей пластичностью ($\lambda_p=1,42$).

В интервале изменений σ/T , характерном для глубокой вытяжки, а именно: $0,2 \div (-0,5)$, диаграмма пластичности стали 12Х18Н10Т с достаточной степенью точности может быть аппроксимирована функцией

$$\lambda_p = A + B \cdot \left(\frac{\sigma}{T}\right), \quad (1)$$

где $A=2,0$; $B=-0,3$.

Следует отметить, что на поверхности нержавеющей сталей образуются пассивные пленки, состоящие в основном из окислов железа и хрома [3].

Одной из важнейших особенностей нержавеющей коррозионностойких сталей является их ярко выраженная способность к схватыванию (налипанию на инструмент) при обработке давлением [4]. Схватывание проявляется в виде задиров, рисок и других дефектов поверхности, что ведет к браку изделий, уменьшает выход годного, не позволяет увеличить разовые вытяжки.

Другой важнейшей особенностью, отрицательно влияющей на технологичность указанных сталей, является их повышенная склонность к упрочнению [4]. Упрочнение является главной причиной по которой изделия после холодной пластической деформации подвергаются отжигу.

Склонность к налипанию и упрочнению, наличие на поверхности оксидных пленок отрицательно влияют на способность нержавеющей коррозионноустойчивых сталей к глубокой вытяжке: стали типа 12X18H10T не более одной, в редких случаях двух, операций вытяжки без промежуточных отжигов [4]. Это значительно увеличивает цикл изготовления деталей, снижает производительность, поскольку процесс получения полых изделий из нержавеющей сталей является, как правило, многооперационным. включает 4-6 операций при обычной вытяжке и доходит до 12-15 операций при вытяжке с утонением стенки.

Следовательно, основными особенностями существующей технологии глубокой вытяжки нержавеющей сталей являются:

- длительная цикличность получения готового изделия, связанная с частыми отжигами и многочисленными подготовительными операциями;
- большой процент брака, так как применяемые смазочные композиции не предотвращают налипания;
- использование токсичных покрытий.

Все перечисленное выше дает основание считать, что существующая технология глубокой вытяжки нержавеющей коррозионноустойчивых сталей имеет ряд серьезных недостатков и требует дальнейшего совершенствования.

Основной материал

Главными задачами совершенствования технологии глубокой вытяжки являются повышение производительности, улучшение качества изделий, увеличения количества выхода годных. В настоящее время известен ряд способов глубокой вытяжки, направленных на решение поставленных задач. Среди них:

- вытяжка с применением ультразвука [4];
- вытяжка в режиме гидродинамического трения [4];
- вытяжка с применением эластичных материалов, в частности, полиуретана [4];
- комбинированная вытяжка, заключающаяся в совмещении за один проход обжатий по стенке и диаметру [5];
- вытяжка с подогревом фланца и одновременным охлаждением донной части [5];
- вытяжка с дополнительным силовым воздействием на периферийную часть заготовки [4];
- вытяжка с применением рифленых пуансонов [4] и др.

Все перечисленные способы вытяжки имеют большое практическое значение, применяются в каждом конкретном случае с учетом материала изделий, схемы деформирования, серийности производства, но направлены, главным образом, на увеличение разовых деформаций. когда за одну операцию получают детали с относительной высотой $h/d=1,2...1,4$. Для производства более глубоких изделий с малым суммарным коэффициентом вытяжки $h/d=1,8...2,0$ необходимо осуществлять несколько операций деформирования с промежуточными отжигами изделий, что, как отмечалось выше, ведет к увеличению цикличности производства. Кроме того, применительно к деформированию нержавеющей сталей, ряд способов вытяжки (комбинированная, с подогревом, с применением рифленых пуансонов) не исключает налипания и использования токсичных лаковых покрытий.

Следовательно, при изготовлении полых цилиндрических изделий с большой относительной высотой наиболее перспективной является многопереходная вытяжка без промежуточной термической обработки. Перспективность этого способа вытяжки видится, во-первых, в сокращении цикла изготовления изделий; во-вторых, в возможности автоматизировать процесс, создать многопозиционную последовательную вытяжку на специальных автоматах, что особенно важно в условиях массового производства. И наконец, полное или частичное устранение промежуточных отжигов улучшит качество поверхности и структуру материала изделия, поскольку, например, в процессе многократного повторения термохимических операций при вытяжке сильфонных трубок из стали 12X18H10T содержание углерода в ней может возрасти в 2-3 раза по сравнению с исходным.

В настоящее время многопереходная вытяжка без промежуточных отжигов, за исключением нескольких работ И.А. Норицына [6] исследована мало. Исследованиями И.А. Норицына установлено, что процесс глубокой вытяжки изделий с большим значением h/d возможен без промежуточных отжигов лишь при определенных условиях, таких как построение технологии на основе оптимальных степеней деформации, а также наличия матрицы с глубокой реактивной полостью и оптимальной геометрией входа [6]. Анализ удельного давления течения позволил установить оптимальные параметры матрицы, определить формулы для расчета максимальных усилий вытяжки и коэффициентов вытяжки по переходам.

Экспериментальные исследования процесса многопереходной вытяжки без промежуточных отжигов проводились на алюминиевых образцах марки А-1, латуни Л68 и стали 08ВГ-П [6]. При этом было отмечено, что увеличивая дробность деформации по переходам, то есть повышая разовые коэффициенты вытяжки, можно значительно увеличить итоговую деформацию. В результате были получены следующие суммарные коэффициенты вытяжки: для стали 08ВГ - П – $M_{\Sigma} = 0,14$; для алюминия А-1 – $M_{\Sigma} = 0,16$; для латуни Л68 – $M_{\Sigma} = 0,29$.

Все сказанное выше относится к материалам, обладающим высокими пластическими свойствами и не относящимся к категории труднодеформируемых. Данных же по многооперационной вытяжке без промежуточных отжигов таких материалов, как нержавеющие стали, в настоящее время в литературе недостаточно.

В приведенном выше кратком исследовании не упомянут такой перспективный путь совершенствования технологии глубокой вытяжки, как применение специальных покрытий и смазок, надежно экранирующих основной металл и предупреждающих тем самым схватывание его частиц с инструментом. Наиболее перспективными являются покрытия наносимые на поверхность заготовки из расплавов солей [7].

Так, применение медного покрытия при глубокой вытяжке изделий из коррозионностойких сталей типа 12X18H10T полностью устраняет схватывание, улучшает условия трения на поверхности контакта, снижает упрочнение. Это даёт возможность значительно сократить цикл производства готового изделия путем исключения ряда промежуточных отжигов и связанных с ними операций, свести к минимуму брак, повысить качество изделий, устранить перегрузки оборудования, поломки деталей и узлов прессов, повысить стойкость штампов, увеличить скорости деформирования, а следовательно, и производительность. Наконец, осуществляя многопереходную вытяжку без промежуточных отжигов, можно

использовать такое высокопроизводительное прессовое и высокоскоростное импульсное оборудование [8, 9].

Заключение

1. Основными направлениями совершенствования работы оборудования для глубокой вытяжки коррозионностойких сталей являются исключение схватывания частиц металла с инструментом и создание методики расчета энергосиловых параметров с учетом всех особенностей процесса.

2. Технология глубокой вытяжки коррозионностойких сталей имеет ряд серьезных недостатков, таких как длительная цикличность, брак изделий, использование вредных веществ и требует дальнейшего совершенствования.

3. В настоящее время известно несколько путей совершенствования технологии глубокой вытяжки, применяемых в каждом конкретном случае для получения высоких разовых деформаций.

4. Многопереходная глубокая вытяжка с использованием металлических покрытий получаемых из расплавов и без промежуточных отжигов является высокопроизводительным процессом.

Список литературы

1. Шевелев, В.В. Анизотропия листовых материалов и ее влияние на вытяжку [Текст] / В.В. Шевелев, С.П. Яковлев. – М.: Машгиз, 1972. – 135 с.

2. Колмогоров, В.Л. Напряжения. Деформации. Разрушение [Текст] / В.Л. Колмогоров. – М.: Металлургия, 1970. – 230 с.

3. Колмогоров, В.Л. Гидродинамическая подача смазки [Текст] / В.Л. Колмогоров. – М.: Металлургия, 1975. – 256 с.

4. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке [Текст] / В.П. Романовский. – Л.: Машиностроение, 1971. – 782 с.

5. Валиев, С.А. Комбинированная глубокая вытяжка листовых материалов [Текст] / С.А. Валиев. – М.: Машиностроение, 1973. – 176 с.

6. Норицин, И.А. Теоретический анализ процесса вытяжки листового материала [Текст] / И.А. Норицин // Изв. АН СССР, ОТН, 1951, – №11. –С. 1696 – 1703.

7. 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.

8 Каржавин В.В. Металлические покрытия, наносимые в расплавах солей, их исследование и использование в процессах обработки металлов давлением // Трение и износ. – 1992. – № 3 (Т. 13). – С. 487 – 495.

9. Фролов, Е.А., Исследование влияния медного покрытия из солевого расплава на процесс глубокой вытяжки деталей из коррозионностойких сталей [Текст] / Е.А. Фролов, А.Л. Комарова, О.В. Носенко, С.И. Кравченко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2013. – № 1 (98). – С. 9 – 14.

Поступила в редакцию 12.12.2016

Основні напрямки вдосконалення технології глибокої витяжки корозійностійких хромонікелевих сталей

Досліджено здатність хромонікелевих корозійностійких сталей до глибокої витяжки та особливості існуючих технологій. Визначено основні напрями вдосконалення технології багатоперехідної глибокої витяжки. Встановлено, що найбільш перспективною є технологія глибокої витяжки з використанням металевих мідних покриттів заготовок, попередньо нанесених з розплавлених солей та високопродуктивного обладнання для статичного та динамічного штампування без проміжних термообробок.

Ключові слова: глибока витяжка, листові заготовки, обладнання, технологія, металеві покриття, термообробка.

Main directions of enhancement of technology of a deep extension of stainless chromium-nickel steels

The ability of corrosion-proof chromium-nickel stainless steels to a deep extension and feature of the existing technologies are surveyed. The main directions of enhancement of technology of the multitransition deep extension are defined. Found that the most perspective is the technology of a deep extension with use of metal copper coating which beforehand are applied on preparations from melts of salts, and also the high-performance equipment for static, dynamic, pneumoshock stamping without application of the intermediate heat treatments.

Keywords: deep extension, sheet preparations, equipment, technology, metal coating, heat treatment.

Сведения об авторах:

Фролов Евгений Андреевич, д.т.н., профессор, зав. каф. технологии машиностроения, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава, Украина.

e-mail: frolov.polntu@gmail.com; ORCID: 0000-0001-6257-7022.

Носенко Олег Григорьевич, аспирант, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава, Украина.

e-mail: e-mail: bambula19@inbox.ru;

Ясько Станислав Георгиевич, аспирант, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава, Украина.

e-mail: s.g.yasko@gmail.com; ORCID:0000-0001-6228-705X.

Кравченко Сергей Иванович, к.т.н., доцент, каф. технологии машиностроения, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава, Украина.

e-mail: 050Ser09@i.ua