

лении этих деталей для определенных условий эксплуатации является «намораживание», позволяющее за один цикл формировать на всей восстанавливаемой поверхности слой металла [1]. Метод заключается в погружении профлюсованной поверхности детали на определенное время в расплав присадного сплава. При последующем его охлаждении и кристаллизации на поверхности формируется застывший слой сплава, а за счет возникновения металлических связей между активированными атомами контактирующих материалов обеспечивается их прочное соединение.

Следует отметить, что традиционному методу «намораживания» свойственна низкая прочность сцепления сформированного слоя с основой, обусловленная, в частности, недостаточным раскислением ее поверхности. Для устранения этого недостатка необходимо усовершенствовать метод «намораживания» с обеспечением степени раскисления, достаточной для образования прочной металлической связи.

Решение этой задачи требует проведение соответствующих исследований.

### Литература

1. Восстановление деталей машин: справочник / Ф.И. Пантелеенко [и др.]; под ред. В.П. Иванова. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
2. Данилов, В.А. Технология производства и ремонта горных машин и оборудования: в 2 т. – Минск: Тэхналогія, 2007. – Т. 2: Ремонт и испытания горных машин и оборудования / В.А. Данилов, В.Я. Прушак, Е.М. Найденышев; под общ. ред. В.Я. Щербы. – 2007. – 491 с.
3. Грачев, О.Е. Новые технологии нанесения покрытий на детали трубопроводной арматуры для энергетики / О.Е. Грачев, В.А. Бобошко // Арматуростроение. – 2013. – № 4(85). – С. 60 – 63.
4. Руководство по ремонту арматуры высоких параметров: РД 153-34.1-39.603-99: утв. Департаментом стратегии развития и научно-технической политики РАО «ЕЭС России» 16.12.99. – М.: ОРГРЭС, 2000.
5. Плазменная наплавка металлов / А.Е. Вайнерман [и др.]. – М.-Л.: Машиностроение, 1967. – 192 с.

**УДК 621.7.04**

## **ВЫБОР МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ**

**В.А. Демин**

Московский государственный технический университет  
им. Н.Э. Баумана, Российская Федерация

*Рассмотрены особенности выбора материала для листовой штамповки по его техническим характеристикам.*

Листовой штамповкой в машиностроении производится большое количество деталей из различных материалов. Поэтому в данной статье остановимся на холоднокатаной малоуглеродистой стали.

Рекомендации по выбору материала для листовой штамповки, как правило, носят качественный характер, как например, в работе [1].

По ГОСТ 9045-93 Прокат тонколистовой холоднокатаный из малоуглеродистой качественной стали для холодной штамповки. Технические условия.

Прокат подразделяют:

- по видам продукции: листы, рулоны;
- по нормируемым характеристикам на категории: 1, 2, 3, 4, 5;
- по качеству отделки поверхности на группы:
  - особо высокой отделки – I\*,
  - высокой отделки – II,
  - повышенной отделки – III (IIIа, IIIб);
- по способности к вытяжке (прокат толщиной до 2 мм):
  - весьма особо сложной – ВОСВ\*, ВОСВ-Т\*\*,
  - особо сложной – ОСВ,
  - сложной – СВ,
  - весьма глубокой – ВГ.

\* По требованию потребителя. \*\* По требованию потребителя с повышенными технологическими свойствами.

Категории проката определяются в зависимости от проверяемых характеристик: предел текучести, временное сопротивление, относительное удлинение, твердость, глубина лунки при испытаниях по Эриксену, способность к вытяжке.

Если металл задается без предварительного моделирования, на основе имеющегося опыта, то достаточно задать только способность к вытяжке. В случае, если проводится моделирование проектируемого технологического процесса, то необходимо задавать и механические характеристики металла.

При моделировании необходимо учитывать колебания механических свойств проката, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1

Способность к вытяжке	$\sigma_T$ Н/мм (кгс/мм) не более	$\sigma_B$ Н/мм (кгс/мм)	$\delta$ , %, не менее, при толщине проката			
			Менее 0,7 мм	от 0,7 до 1,5 мм включ.	от 1,5 до 2,0 мм включ.	от 2,0 до 3,9 мм включ.
ОСВ	195(20)	250-350 (26-36)	34	36	40	42
СВ	205(21)	250-380 (26-39)	32	34	38	40
ВГ	-	250-390 (26-40)	26	28	29	30
ВОСВ	185(19)	250-350 (26-36)	38	40	42	
ВОСВ-Т	175(18)	250-350 (26-36)	40	42	44	

Прокат особо высокой отделки поверхности (I группа). Характеристика качества отделки поверхности настолько высока, что иногда позволяют исключить из технологического процесса такую трудоемкую операцию, как полировка.

Группа II рекомендуется для деталей, которые являются облицовочными, например, кузов автомобиля.

По ГОСТ 19904-90 Прокат листовой холоднокатаный. Сортамент.

Прокат подразделяется по точности изготовления по толщине:

- ВТ – высокая,
- АТ – повышенная,
- БТ – нормальная.

В качестве примера в табл. 2 приведены предельные отклонения по толщине для стали толщиной 1 мм.

Таблица 2

Толщина проката, мм	Предельное отклонение по толщине при ширине проката					
	до 1000 включ.			св. 1000 до 1500 включ.		
	Высокая точность	Повышенная точность	Нормальная точность	Высокая точность	Повышенная точность	Нормальная точность
Св.0,9 до 1,2	0,05	0,08	0,1	0,06	0,09	0,11

Как видно из таблицы, для данного случая, отклонение по толщине может достигать 11 %.

В работе [2] проанализировано влияние колебаний толщины и механических характеристик заготовки на коэффициент вытяжки цилиндрического стаканчика. Показано, что предельный коэффициент вытяжки находится в диапазоне  $0,46 \div 0,52$ , т.е. может изменяться на 13 % из-за колебаний  $\sigma_T$ ,  $\sigma_B$  и толщины.

При выборе материала необходимо учитывать, что величину относительного удлинения и глубину сферической лунки проката весьма глубокой вытяжки, изготовляемого в дрессированном состоянии, гарантирует изготовитель в течение 10 суток с момента отгрузки. Поэтому для кузовных деталей рекомендуется выбирать сталь 08ю. При этом учитывается, что нестареющая сталь 08ю обеспечивает отсутствие площадки текучести при хранении и исключает появление на поверхности детали линий скольжения. Однако данная сталь хуже по коррозионной стойкости, поэтому ее можно исключить из технологического процесса, штамповкой в течение 10 суток с момента отгрузки или увеличением деформаций по поверхности листа.

Для анализа процессов листовой штамповки необходимо иметь FLD-диаграммы, экспериментальное получение которых достаточно трудоемко.

Поэтому многие исследователи используют FLD-диаграммы для стали группы DC, как наиболее близкой по химическому составу к стали 08.

Проведено исследование операции вытяжки цилиндрического стаканчика и испытаний по Эриксену, которые показали, что полученные предельные коэффициенты вытяжки и глубины лунок существенно отличаются для стали 08 и стали DC3, DC4, DC5.

### Литература

1. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке / В.П. Романовский. – Л.: Машиностроение. 1979. – 520 с., ил.
2. Демин, В.А. Инновационные технологии производства заготовок обработкой давлением / В.А. Демин // Научные технологии в машиностроении. – 2014. – № 8 (38). – С. 3 – 5.

УДК 378.14

## ОРГАНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

**В.А. Демин, С.А. Евсюков**

Московский государственный технический университет  
им. Н.Э. Баумана, Российская Федерация

*Рассматриваются вопросы организации лабораторного практикума для инженерных специальностей на основе дистанционных технологий.*

В настоящее время ни один вуз не может обеспечить полноценный лабораторный практикум с использованием всей линейки применяемого на производстве и научно-исследовательских институтах оборудования с применением современной измерительной аппаратуры. Проведение лабораторных на производстве сдерживается необходимостью остановки технологического процесса, техникой безопасности, а в некоторых случаях и запрета на нахождение людей рядом с этим оборудованием. Поэтому, чаще всего такие «лабораторные работы» заканчиваются на том, что студенты посмотрят на работающее оборудование издалека.

В качестве характерного примера таких ознакомительных работ можно привести совещание ректоров РФ в Санкт-Петербурге, когда ректорам предложили ознакомиться с работой уникального микроскопа. Но даже их не пустили за сетчатое ограждения, а издалека показали зеленый металлический ящик со словами, что это и есть уникальный микроскоп стоимостью несколько миллионов долларов.

Для определенности рассмотрим лабораторный практикум только для одной специальности – 15.04.01 Машиностроение: машины и технологии обработки материалов давлением.