

**А. И. ЗЕЛЕНКЕВИЧ, Л. И. СОЙКИНА, Н. Н. ЧЕМРОВА, А. С. КАЛЕННИК,  
В. С. САВЕНКО**

МГПУ им. И.П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

## **МИКРОСТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕДИ М2 В УСЛОВИЯХ ХОЛОДНОЙ И ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ**

Актуальной проблемой современного металловедения и термической обработки металлов является исследование свойств материалов и их служебных характеристик при обработке деталей давлением.

Цель данной работы состоит в экспериментальном исследовании качества материала методами неразрушающего контроля. Материалы, полученные методами сверх быстрой штамповки, характеризуются образованием микрокристаллической структуры, что приводит к изменению структуры микротвердости материала. С целью определения физико-механических характеристик материалов получены образцы при использовании некоторых способов штамповки, проведен анализ экспериментальных исследований материалов на микротвердость с регистрацией (нагрузки на индентор – времени). Получены численные значения глубины погружения индентора в материал и площадь поверхности пирамидального отпечатка.

В ходе исследований был проведен анализ контроля физико-механических свойств материала, основанного на измерении микротвердости. Произведен анализ экспериментальных и теоретических данных с учетом коэффициентов парной корреляции и регрессии для верности. При помощи программного пакета Matlab 7.1 была произведена интерполяция бикубическими сплайнами экспериментальных данных с целью усреднения трехмерных графиков.

Объектом исследования были образцы из меди М2, использующихся в промышленности, полученные разными способами штамповки:

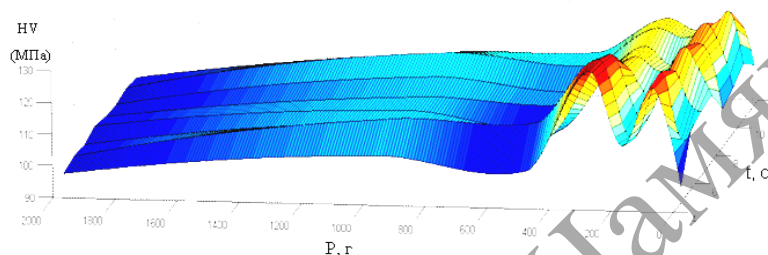
- горячая штамповка (трубка всасывающая СТ. 048.300.020);
- холодная штамповка (трубка зарядочная ЕРВА. 723.111. 001-02).

В прессовочных и штамповочных станах для получения точных размеров и чистой поверхности применяется калибрование. Калибрование выполняется в штампах на прессах ударного действия.

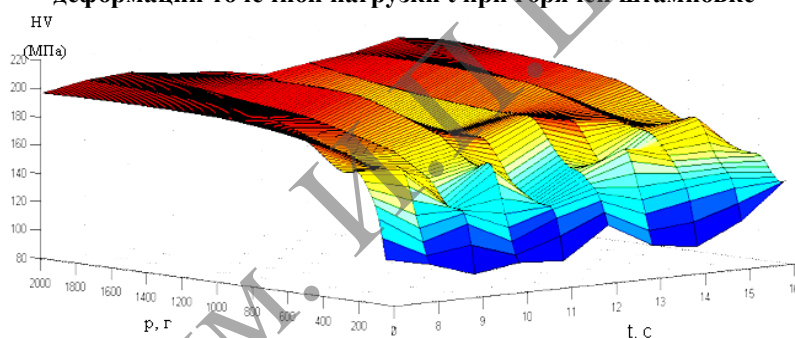
С применением объемного калибрования, которое заключается во всестороннем обжатии заготовки с вытеснением избытка металла, который удаляют последующей обрезкой или зачисткой и обеспечивает получение точности до 0,05 мм и гладкой поверхности с шероховатостью до 7–8-го класса чистоты (как при чистовом шлифовании) [1], [2].

По методу Викера с помощью цифрового микротвердомера MicroMet 5114 воспроизводились результаты измерения микротвердости. На поверхность материала вдавливается алмазная четырехгранная пирамида с углом при вершине  $\alpha=136^\circ$  с вариациями продолжительности выдержки индентора под нагрузкой. Индентирование проводилось перпендикулярно индентируемой плоскости шлифа в ортогональном направлении вектора деформации. После снятия нагрузки измерялась диагональ отпечатка. Число твердости по Виккерсу HV вычислялось, как отношение нагрузки  $P$  к площади поверхности пирамидального отпечатка  $M$ . В ходе измерения диагонали отпечатка в зависимости от площади поверхности пирамидального отпечатка получили формулу для глубины отпечатка  $h$  для исследуемых образцов.

Полученные экспериментальные данные позволили получить графические зависимости некоторых кинематических характеристик при анализе зависимости микротвердости HV от нагрузки  $p$  и времени  $t$  для двух образцов (рисунки 1, 2).



**Рисунок 1 – Зависимость микротвердости HV от нагрузки  $P$  с вариациями продолжительности деформации точечной нагрузки  $t$  при горячей штамповке**



**Рисунок 2 – Зависимость микротвердости HV от нагрузки  $P$  с вариациями продолжительности деформации точечной нагрузки  $t$  при холодной штамповке**

Анализ результатов эксперимента показал, что медный образец №2 (трубка зарядочная ЕПВА. 723.111. 001-02) обладает высокими механическими качествами, что подтверждает (рисунок 2), на котором представлена зависимость микротвердости HV от времени  $t$  при нагрузке на индентор  $P$  и видно увеличение значения микротвердости. Это показывает, что метод холодной штамповки более эффективный в промышленности для изготовления деталей более сложной формы.

В результате опытов с образцами при холодном и горячем прессовании – структура данного материала под действием высокого давления изменяется. Высокое давление вызывает образование фаз с более плотной упаковкой атомов [3]. С ростом времени деформационной нагрузки протекают процессы релаксации деформирующих усилий, сопровождающиеся обратимостью пластической деформации и приводящие к незначительному увеличению микротвердости. При увеличении скорости «нагружения» характеристики прочности обычно несколько возрастают, а пластичность уменьшается. Это показывает, что метод холодной штамповки более эффективный в промышленности для изготовления деталей более сложной формы и его качества.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вишняков, Я.Д. Современные методы исследования структуры деформированных кристаллов / Я.Д. Вишняков. – М.: Металлургия, 1975. – 480 с.
2. Булычев, С.И. Испытание материалов непрерывным вдавливанием индентора / С.И. Булычев, В.П. Алехин. – М.: Машиностроение, 1990. – 224 с.
3. Давиденков, Н.Н. Некоторые проблемы механики материалов / Н.Н. Давиденков. – Л.: Лениздат, 1943. – 246 с.