

МИКРОСТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕДИ М2 В УСЛОВИЯХ ХОЛОДНОЙ И ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ

Зеленкевич А.И., Сойкина Л.И., Савенко В.С.

УО МГПУ им. И.П. Шамякина, г. Мозырь, Республика Беларусь

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 морфологический анализ с выделением гистограмм по классам, определением 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, используемые в промышленности, полученные разными способами штамповки:

1. горячая штамповка (трубка всасывающая СТ. 048.300.020,);
2. холодная штамповка (трубка зарядочная ЕПВА. 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 классов чистоты (как при чистовом шлифовании [1, 2]).

Для холодного прессования применяются металлы, обладающие высокой пластичностью, малым пределом прочности и низкой способностью к упрочнению [2]. Детали, отформованные холодным способом, имеют повышенную прочность и твердость. Шероховатость поверхности детали достигает 7-го класса, а точность размеров – 5-го класса.

С помощью микротвердомера проведен анализ экспериментальных данных исследуемых образцов. В настоящее время этот способ является наиболее надежным и массовым среди средств неразрушающего контроля качества материалов и их обработки, вместе с тем представляет собой тонкий и информативный метод исследования. Основное преимущество медных сплавов состоит в том, что они обладают высокой коррозионной стойкостью, тепло- и электропроводностью, хорошим сопротивлением износу, низким коэффициентом трения, хорошей притираемостью в паре с другими более твердыми материалами, хорошо работают при отрицательных температурах [1].

По методу Викерса 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 :

$$HV = \frac{P}{M} = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d_1^2} = 1,854 \frac{P}{d_1^2}, \quad (1)$$

$$M = \frac{d_1^2}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}. \quad (2)$$

В ходе измерения диагонали отпечатка в зависимости от площади поверхности пирамидального отпечатка получили формулу для глубины отпечатка h для исследуемых образцов:

$$h = \frac{d_1}{2 \sqrt{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}. \quad (3)$$

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).

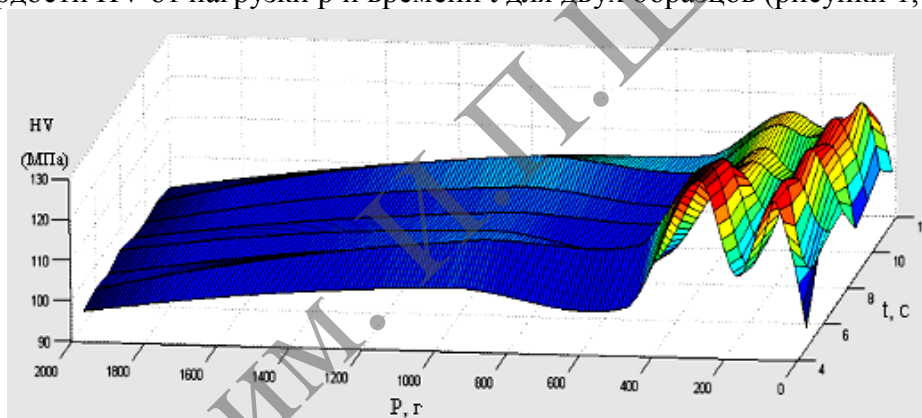


Рисунок 1 – Зависимость микротвердости HV от нагрузки P с вариациями продолжительности деформации точечной нагрузки t при горячей штамповке

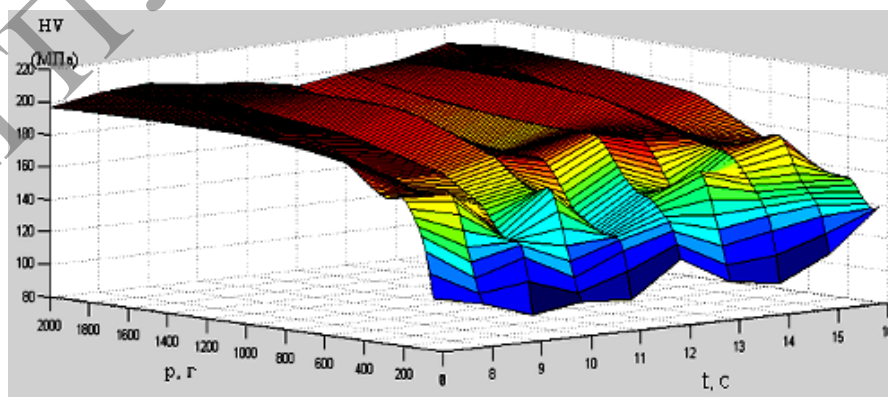
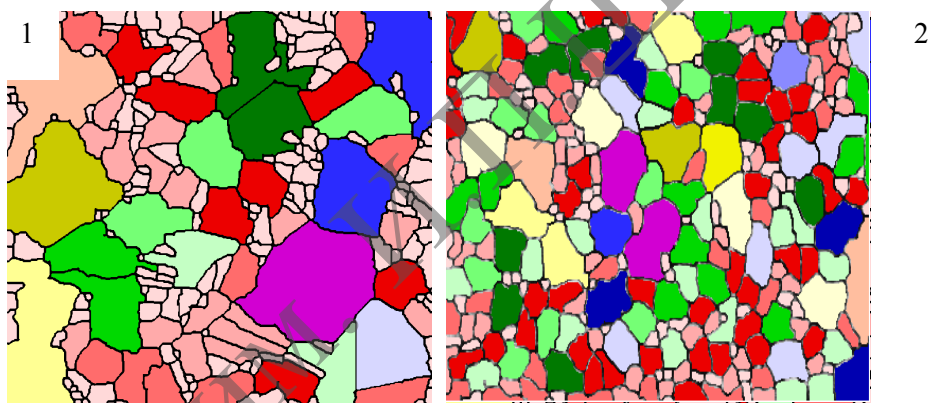


Рисунок 2 – Зависимость микротвердости HV от нагрузки P с вариациями продолжительности деформации точечной нагрузки t при холодной штамповке

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 Р 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 установлено, что – структура данного материала под действием высокого давления изменяется. Высокое давление вызывает образование фаз с более плотной упаковкой атомов [2]. Проведены результаты микроскопического наблюдения морфологии кристаллов меди и зеренной структуры.

Внутренняя структура и состав меди М2 неоднородны, так как обычно они состоят из многочисленных зёрен в виде прилегающих друг к другу кристаллитов. Чаще всего эти неоднородности имеют микроскопические размеры, поэтому соответствующие разновидности внутренней структуры называются микроструктурами. Экспериментальные данные позволили провести морфологический анализ образцов из технической меди М2. Для выявления структуры образцы подвергались травлению азотной кислотой с выдержкой 10 секунд. При использовании прибора пост микрокантроля МК-3 исследована микроструктура образцов меди для различных штамповок прессования с помощью программы Autoscan Objects (рисунок 3).



1 – горячее прессование, 2 – холодное прессование

Рисунок 3 – Изображение образцов из меди при разном давлении на медь

Из рисунка 3 видно, что в основном мелкие зёрна имеют правильные формы, доля по количеству длин объекта, которые определяются как наибольшее расстояние между двумя точками на контуре объекта, для первого образца составляет 74.17%, а для второго – 83,7%. Доля по массе незначительна, что характерно для мелкозернистых структур. Размер зерна влияет на механические свойства материала, т. е. на предел прочности и текучести. На гистограмме, изображенной на (рисунок 5), материал имеет более высокие служебные характеристики по сравнению с образцом на (рисунок 4).

Результаты исследований показывают, что образцы из технической меди М2, подвергшейся индентированию, относятся к мозаичному типу и в некотором приближении представляют собой неперриодическое разбиение плоскости, образуя периодические структуры, с мелкозернистым строением, с высокими физико-механическими характеристиками.

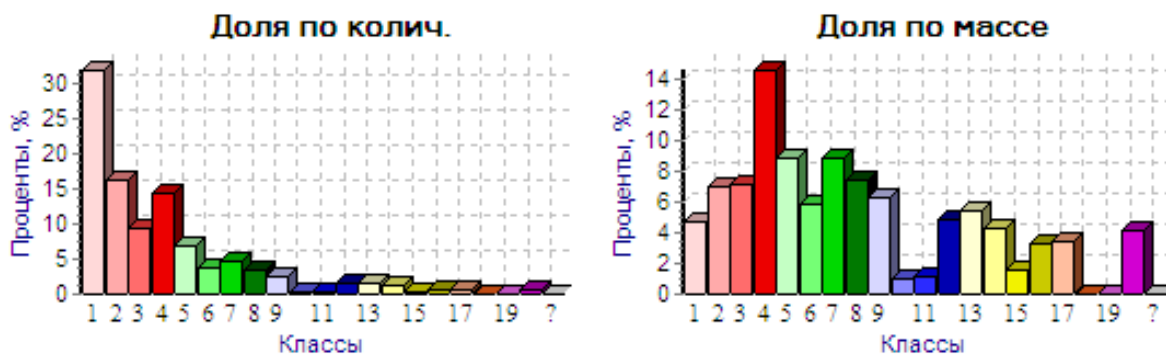


Рисунок 4 – Гистограммы распределения зерен по классам в образце №1

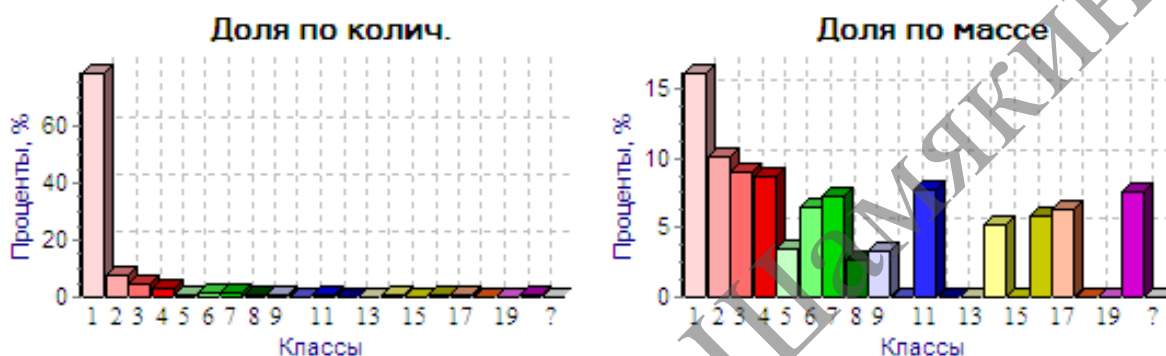


Рисунок 5 – Гистограммы распределения зерен по классам в образце №2

В зависимости от способов обработки материала давлением и получения крупнозернистой структуры физико-механические характеристики снижаются, так как в каждом зерне хорошо развиты плоскости спайности и при наличии дефектности в структуре возникают внутренние напряжения, что приводит к образованию хрупкой трещины и разрушению материала. 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. При рассмотрении изображения образца №2 с помощью морфологического анализа установлено, что в исходном состоянии подавляющее число зерен имело квазиравноосную форму и четкую огранку [3]. Это показывает, что метод холодной штамповки более эффективный в промышленности для изготовления деталей более сложной формы.

Литература

1. Булычев, С.И. Испытание материалов непрерывным вдавливанием индентора / С.И. Булычев, В.П. Алехин. – М: Машиностроение, 1990. – 224 с.
2. Давиденков, Н.Н. Некоторые проблемы механики материалов / Н.Н. Давиденков. – Л.: Лениздат, 1943. – 246 с.
3. Марковец, М.П. Определение механических свойств металлов по твердости / М.П. Марковец. – М.: Машиностроение, 1979. – 192 с.