

ГЛУБОКОЕ СВЕРЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЙ В ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННЫХ МЕДНЫХ СПЛАВАХ

*Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь*

В связи с развитием всех отраслей промышленности и необходимостью повышения качества выпускаемой продукции требуется создание новых конструкционных материалов.

Применение новых конструкционных материалов обусловлено их важными физико-механическими и эксплуатационными свойствами. Особая роль принадлежит композиционным порошковым материалам, обладающим высокими значениями жаропрочности. Дисперсно-упрочненные материалы на основе меди представляет собой порошковую композицию, состоящую из медной матрицы, в которой равномерно распределено до 10 % по объему дисперсных частиц упрочняющей фазы. В качестве последней применяются термодинамически стабильные соединения с высоким значением модуля сдвига, например, Al_2O_3 . Материал обладает структурой микрокристаллического типа с размерами зерен матрицы 0,2-0,5 мкм и величиной частиц упрочняющей фазы менее 0,05 мкм, что позволяет ему иметь высокие значения всего комплекса физико-механических свойств. Микрокристаллический тип структуры, характеризующийся развитой поверхностью границ зерен и субзерен, стабилизированных дисперсными включениями механически и термически стабильных фаз, обуславливающий низкую скорость протекания рекристаллизационных процессов, определяет высокие значения твердости и прочности не только при 200С, но и при температурах, достигающих 6000С. Разработанные материалы по комплексу физико-механических свойств превосходят лучший классический электродный материал, которым является бронза БрХЦр.

При электропроводности 70-75 % от меди они обладают механическими свойствами характерными для нагартованной стали 50: твердостью 200-240 НВ, пределом прочности 700-900 МПа, относительным удлинением 2-4 %.

Одной из перспективных областей применения дисперсно-упрочненных материалов на основе меди является изготовление токоподводящих наконечников аппаратов для сварки электродной проволокой в среде защитных газов. Для получения полуфабриката – калиброванного прутка порошковая композиция определенного состава подвергается обработке в механореакторе, а затем, после компактирования, экструзии. Из экструдированных прутков изготавливают заготовки токоподводящих наконечников. В этих изделиях необходимо получить отверстие диаметром 0,8...2,0 мм глубиной 18...30 мм. В данной работе приведены результаты исследования процесса получения отверстия спиральным сверлом из быстрорежущей стали диаметром 0,9 мм на глубину 20 мм в заготовке из дисперсно-упрочненной меди. Сверление производилось со следующим режимом резания: $n = 1450$ об/мин, $s = 0,02$ мм/об при осевом перемещении сверла в процессе резания 0,5-0,9 мм. После сверления на эту глу-

бину, инструмент извлекался из канала с целью удаления стружки и подачи смазочно-охлаждающей жидкости на режущие лезвия.

Сверление глубоких отверстий сопряжено с рядом технологических трудностей: сложностью подвода смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) и отвода тепла и стружки из зоны резания; недопустимо большим отклонением сверла от оси вращения; низкой стойкостью инструмента; высокой вероятностью поломки инструмента; большой шероховатостью поверхности.

При сверлении дисперсно-упрочненных материалов на основе меди на первое место выступают проблемы быстрого изнашивания инструмента (т.к. материал заготовки имеет большую твердость и обладает повышенной абразивностью из-за наличия упрочняющих фаз) и его поломки.

Процесс отвода тепла из зоны резания является важным фактором повышения стойкости инструмента. Это связано с тем, что при перегреве наблюдаются следующие явления: интенсивное разупрочнение инструментального материала; повышается пластичность материала заготовки - вместо стружки надлома или скалывания образуется сливная, что затрудняет ее отвод из зоны резания.

При больших контактных давлениях и температурах начинают проявляться силы молекулярного сцепления – адгезия, заключающиеся в схватывании материала инструмента с материалом заготовки, что приводит к увеличению крутящего момента и поломке сверла. Для отвода тепла и стружки, а также подачи СОЖ, необходимо периодически (после осевого перемещения сверла в процессе резания на 0,3-0,5 мм) выводить инструмент из заготовки.

Повышенная абразивность композиционного материала приводит к интенсивному износу задних поверхностей инструмента, а значит, к возникновению адгезии и резкому возрастанию крутящего момента, что вызывает поломку сверла. С другой стороны, процесс адгезии на рабочих поверхностях инструмента отличается нестабильностью, обуславливающей "рыскание" сверла и увод его от оси вращения. Это явление вызывается не только адгезией, но и погрешностями при заточке спирального сверла и неравномерностью износа главных режущих лезвий.

Смазочно-охлаждающие вещества оказывают значительное влияние на процесс резания и качество обработки. В зависимости от технологического метода обработки, физико-механических свойств материала заготовки и инструмента, а также режима резания, применяют различные смазочно-охлаждающие вещества. Наибольшее применение при обработке резанием нашли СОЖ. Обладая смазывающими свойствами, жидкости снижают внешнее трение о поверхности инструмента и, одновременно, работу деформаций. Общее количество теплоты, выделяющееся при резании, уменьшается. Кроме того, они отводят теплоту от зоны резания, охлаждая режущий инструмент, деформируемый слой и обработанную поверхность заготовки. Смазывающее действие жидкости препятствует образованию нароста на рабочих поверхностях инструмента, в результате чего снижается шероховатость обработанных поверхностей заготовки.

При чистовой обработке, когда требуется получить высокое качество обработанной поверхности, широко используют различные масла. Для активизации смазок к ним добавляются активные вещества, содержащие фосфор, серу, хлор. Под влиянием высоких температур и давлений эти вещества образуют с материалом контактных поверхностей соединения, снижающие трение – фосфиды, хлориды, сульфиды [1]. Применение СОЖ уменьшает крутящий момент и вероятность поломки инструмента, увеличивает производительность процесса, стойкость инструмента, улучшает качество поверхности.

Сверление производилось инструментом из стали Р6М5 диаметром 0,9мм на глубину 30мм. Скорость резания составляла 8,0м/мин, подача 0,01мм/об.

Материал заготовок из дисперсно-упрочненной меди обладал следующими характеристиками: электропроводность 65-70% от электропроводности меди, твердость – 200-220 НВ, предел прочности при растяжении – 700-900 МПа, длительная прочность – $[\sigma^{1q}] = 200 - 250$ МПа, температура рекристаллизации 800-8500С, относительное удлинение 2 %.

В таблице 1 приведены результаты исследования относительной стойкости сверл при использовании различных СОЖ. Несмотря на повышение стойкости сверла за счет применения различных СОЖ, этот технологический прием не решает проблемы увода сверла от оси

сверления (до 40 % отверстий диаметром 0,9 мм имеют отклонение 0,3-2,0 мм), что недопустимо при изготовлении токоподводящих наконечников.

Одним из наиболее результативных способов повышения эффективности процесса глубокого сверления является применение вибрации. В этом случае инструменту или заготовке сообщаются возвратно-поступательные движения определенной амплитуды и частоты. В процессе вибрации происходит принудительный скол сливной стружки, и она превращается в стружку надлома или скалывания. Вибрация снижает сопротивление материала деформированию, исключает образование нароста на режущем инструменте, а также облегчает перемещение стружки в канале отверстия, решая проблему отвода стружки и тепла из зоны резания.

Таблица 1 – Относительная стойкость сверл в зависимости от состава СОЖ

№	Наименование (состав) СОЖ	Количество просверленных заготовок	
		Без использования вибрации	С использованием вибрации
1	Масло индустриальное 12	7-8	18-20
2	Масло индустриальное 20	8-10	20-22
3	СОЖ В-31	7-8	17-20
4	СОЖ МР-29	7-8	17-20
5	Смесь 20% керосина и 80% сульфофрезола	7-8	15-18
6	5%-ная эмульсия из эмульсола НГЛ-205	7-9	13-17
7	5%-ная эмульсия из эмульсола Э-2 (ЭТ-2)	7-9	13-16
8	10 % эмульсия из эмульсола Э-2 (ЭТ-2)	7-9	15-18
9	Mobil 1 0W-30	10-13	26-30
10	Aral Super Tronic OW-40	11-13	27-33
11	R-COOL-S niron (фирмы RHENUS LUB 15-18)	15-18	40-45

При возникновении адгезии вибрация приводит к разрыву контакта, тем самым облегчает возможность возврата сверла к оси вращения и снижению крутящего момента, что предотвращает поломку сверла. Оптимальные амплитуда и частота колебаний зависят от режима резания, свойств материала заготовки и инструмента и должны рассчитываться из условий надежного образования стружки надлома и проверяться эмпирически.

Целями исследования являлись: технологические свойства новых материалов для токоподводящих наконечников; режимы резания для этих материалов; расчет основных параметров вибровозбудителя; проектирование и создание установки для вибрационного сверления, а также разработка технологии процесса сверления токоподводящих наконечников изготовленных из дисперсно-упрочненной меди.

Значения режимов резания [2] при сверлении стали 50 (как ближайшего аналога по комплексу механических свойств) явились основой для расчетов параметров вибровозбудителя установки для сверления [3]. Если принять, что для надежного надлома стружки возмущающая сила должна быть равна осевому усилию резания, то массу дебаланса можно определить из формулы:

$$F = P_o = a \cdot M_d,$$

- где F – возмущающая сила вибратора, Н;
 P_o – осевое усилие резания, Н ($P_o = 9,8$ Н для сверления отверстий диаметром 0,9 мм);
 a – ускорение центра масс дебаланса, м · с⁻²;
 M_d – масса дебаланса, кг;
 $a = \omega^2 \cdot R_d$,
 где ω – круговая частота колебаний, с⁻¹;
 R_d – расстояние до центра масс дебаланса, м;

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

где n – частота вращения дебаланса, мин-1 ($n = 2800$).

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 2800}{30} = 293 \text{ с}^{-1}.$$

Для дебаланса полукруглой формы с наружным радиусом $R = 16 \cdot 10^{-3}$ м расстояние до центра масс определяется из выражения:

$$R_d = 0,316 \cdot 16 \cdot 10^{-3} = 5,06 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

Тогда

$$a = 2932 \cdot 5,06 \cdot 10^{-3} = 434 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2},$$

$$M_d = P_0/a = 9,8/434 = 22,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг}.$$

Амплитуда колебаний виброузла находится из условия равновесия [3,с.215]:

$$M_d \cdot R_d = M \cdot A,$$

где: M – расчетная масса виброузла, кг ($M=287 \cdot 10^{-3}$ кг);

A – амплитуда колебаний виброузла, м;

M_d – масса дебаланса, кг.

Тогда амплитуда колебаний виброузла равна:

$$A = \frac{M_d \cdot R_d}{M} = \frac{22,6 \cdot 10^{-3} \cdot 5,06 \cdot 10^{-3}}{287 \cdot 10^{-3}} = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Результаты расчета основных параметров вибровозбудителя явились исходными данными для дальнейших инженерных расчетов и работ по проектированию установки.

Техническая характеристика установки для вибрационного сверления:

1 Диаметр устанавливаемых сверл, мм	0,5...3,0
2 Глубина сверления, мм	70
3 Ход суппорта, мм	100
4 Электродвигатель:	
Тип	ДК58-60-12, Тр3.129.000ТУ
Мощность, Вт	120
Частота вращения, мин-1	2800
5 Параметры вибровозбудителя:	
Тип возбудителя	инерционный
Тип двигателя	PRM-33-1,9
Мощность, Вт	3,0
Частота вращения, мин-1	0...2800
Амплитуда колебаний	$0,4 \cdot 10^{-3} - 0,4 \cdot 10^{-5}$
Частота колебаний, сек-1	0...293
6 Масса установки, кг	8,5

После расчета режимов резания и проведения общепринятых при проектировании динамических и кинематических расчетов, а также расчетов на прочность основных узлов были разработаны: общие компоновки установки для горизонтального сверления глубоких отверстий и оснастки для вибросверления на токарно-револьверном станке модели 1Е316П, а также их сборочные и рабочие чертежи. Эта документация была использована для создания оборудования и организации участка вибрационного сверления. После изготовления и наладки установок производилась отработка режимов сверления. Для созданных установок оптимальным режимом сверления отверстий диаметром 0,9мм в дисперсно-упрочненной меди являются: скорость резания 8,0м/мин; подача 0,01мм/об; амплитуда колебаний $0,4 \cdot 10^{-3}$ м; частота колебаний 293 сек-1 .

Применение данной установки позволило решить следующие задачи:

- 1) повысить производительность процесса сверления в 2...2,5 раза;
- 2) повысить стойкость сверл в 2,5...3 раза;
- 3) снизить величину увода сверла от его оси в 1,5...2,5 раза;

- 4) повысить чистоту обрабатываемой поверхности;
- 5) снизить вероятность поломки сверл в 3...5 раз.

Создание установки позволило наладить крупносерийное производство токоподводящих наконечников из дисперсно-упрочненной меди для сварки проволокой в среде защитных газов, обладающих стойкостью, превышающей стойкость изделий из Бр.ХЦр в 2,5-3,0 раза.

Разработанная установка дает возможность получать отверстия малого диаметра глубиной до 20-30 мм с удовлетворительными производительностью, стойкостью инструмента и допустимым уведом сверла (составляющим 0,05...0,2 мм).

Изготовление наконечников было налажено в условиях учебно-производственных лабораторий университета силами сотрудников и студентов.

В связи с возможностью изготовления токоподводящих наконечников из дисперсно-упрочненной меди, в Белорусско-Российском университете были разработаны технические условия на эту продукцию.

Производство наконечников, имеющих стойкость превышающую стойкость любых аналогов выпускаемых в странах СНГ, позволило ряду крупных предприятий РБ отказаться от импорта этих изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология конструкционных материалов. Под ред. Дальского А.М. и др. М.: Машиностроение. 1985. - 548 с. 2. Режимы резания металлов: справочник. Под ред. А.М. Барановского М.: Машиностроение. 1972. - 408с. 3. Бурков С.Н. Расчет вибромашин и вибровозбудителей. М.: Машиностроение, 1978. - 384с.

Дан краткий анализ проблем, возникающих при глубоком сверлении отверстий малого диаметра в дисперсно-упрочненных материалах на основе меди, предложены мероприятия по повышению эффективности процесса резания.