

ГЛУБОКОЕ СВЕРЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЙ В ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННЫХ МЕДНЫХ СПЛАВАХ

А.А. Лобадырев, А.И. Хабибуллин

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.

Ключевые слова: глубокое сверление, виброрезание, стойкость, адгезия.

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

Одной из 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 со следующим режимом резания: $n = 1450$ об/мин, $s = 0,02$ мм/об при осевом перемещении сверла в процессе резания 0,3-0,5 мм.

Сверление глубоких отверстий сопряжено с рядом технологических трудностей:

сложность подвода смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) и отвода тепла и стружки из зоны резания; недопустимо большое отклонение сверла от оси вращения; низкая износостойкость инструмента; высокая вероятность поломки инструмента; большая шероховатость 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.

Целями настоящей работы являлись: анализ дефектов, возникающих при обработке отверстий в дисперсно-упрочненных материалах и причин, их вызывающих; разработка конструкции установки для сверления и ее изготовление; исследование процесса сверления на разработанной установке и влияния технологических факторов на производительность, стойкость и ввод инструмента.

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.

Таблица. 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
	10 % эмульсия из эмульсола Э-2 (ЭТ-2)	7-9	15-18
	Mobil 1 0W-30	10-13	26-30
	Aral Super Tronic 0W-40	11-13	27-33
	R-COOL-S niron	15-18	40-45

Несмотря на повышение стойкости сверла за счет применения СОЖ, этот технологический прием не решает проблемы увода сверла от оси сверления (до 50 % отверстий

имеют отклонение на 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 колебания 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. 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.

Полученные значения режимов резания [2] явились основой для определения основных 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, $m \cdot c^{-2}$;

M_d – масса дебаланса, кг;

$$a = \omega^2 \cdot R_d,$$

где ω – круговая частота колебаний, c^{-1} ;

R_d – расстояние до центра масс дебаланса, м;

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

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

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

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

$$a = 293^2 \cdot 5,06 \cdot 10^{-3} = 434 \text{ м} \cdot \text{c}^{-2}$$

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

Результаты расчета основных параметров вибровозбудителя явились исходными данными для дальнейших инженерных расчетов и работ по проектированию и изготовлению 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, Tr3.129.000ТУ
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	$0,2 \cdot 10^{-3} - 0,2 \cdot 10^{-5}$
Частота колебаний, сек ⁻¹	0...293

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.

Литература

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

Лобадырёв Андрей Александрович

Студент машиностроительного факультета
Белорусско-Российский университет, г. Могилёв
Тел.: +375(0222)22-24-50

Хабибуллин Александр Исмагилович

Старший преподаватель кафедры технологии металлов
Белорусско-Российский университет, г. Могилёв
Тел.: +375(0222) 22-24-50