

УДК 621.787

Г.Ф. Ловшенко, канд. техн. наук, доц., А.И. Хабибуллин**УСТАНОВКА ДЛЯ ГЛУБОКОГО СВЕРЛЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ
В ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННЫХ МЕДНЫХ СПЛАВАХ**

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.

Дисперсно-упрочненные материалы на основе меди представляют 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 отверстий спиральным сверлом из быстрорежущей стали диаметром 0,9 мм на глубину 20 мм 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.

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 – адгезии, заключающиеся в схватывании материала инструмента с материалом заготовки, что приводит к увеличению крутящего момента и по-

ломке 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 добавляют 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]. Таким образом, применение СОЖ уменьшает крутящий момент и вероятность поломки инструмента, увеличивает производительность процесса, стойкость инструмента, улучшает качество поверхности.

Нами были проведены исследования относительной стойкости спиральных сверл при изготовлении отверстий токоподводящих наконечников из дисперсно-упрочненной меди с использованием различных СОЖ. Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Табл. 1. Относительная стойкость сверл в зависимости от состава СОЖ

Наименование (состав) СОЖ	Количество просверленных заготовок	
	без использования вибрации	с использованием вибрации
Масло индустриальное 12	7...8	18...20
Масло индустриальное 20	8...10	20...22
СОЖ В-31	7...8	17...20
СОЖ МР-29	7...8	17...20
Смесь 20 % керосина и 80 % сульфозфрезола	7...8	15...18
5-процентная эмульсия из эмульсола НГЛ-205	7...9	13...17
5-процентная эмульсия из эмульсола Э-2 (ЭТ-2)	7...9	13...16
10-процентная 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 (фирмы RHENUS LUB 15-18)	15...18	40...45

Сверление производилось инструментом из стали Р6М5 диаметром 0,9 мм на глубину 30 мм. 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 $[\sigma_{100}^{500}] = 200...250$ МПа, температура рекристаллизации 800...850 °С, относительное удлинение 2 %. Скорость резания составляла 8,0 м/мин, подача 0,01 мм/об.

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 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. 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.

Целью исследования являлись разработка технологии процесса сверлением каналов токоподводящих наконечников, изготовленных из дисперсно-упрочненной меди, и создание установки для вибрационного сверления.

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

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

где F – возмущающая сила вибратора, Н; P_o – осевое усилие резания ($P_o = 9,8$ - для сверления отверстий диаметром 0,9 мм), Н; 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 ($n = 2800$), $мин^{-1}$.

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

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

Тогда

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

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

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

Амплитуда колебаний виброузла находится из условия равновесия [3]:

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

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

диаметр устанавливаемых сверл, мм.....	0,5...3,0
глубина сверления, мм.....	70
ход суппорта, мм.....	100
электродвигатель:	
тип	ДК58-60-12, Tr3.129.000ТУ
мощность, Вт.....	120
частота вращения, мин ⁻¹	2800
параметры вибровозбудителя:	
тип возбудителя.....	инерционный
тип двигателя.....	PRM-33-1,9
мощность, Вт.....	3,0
частота вращения, мин ⁻¹	0...2800
амплитуда колебаний, м.....	$0,4 \cdot 10^{-3} \dots 0,2 \cdot 10^{-5}$
частота колебаний, с ⁻¹	0...293
масса установки, кг.....	8,5.

Для созданных установок оптимальным режимом сверления отверстий диаметром 0,9 мм в дисперсно-упрочненной меди являются: скорость резания 8,0 м/мин; подача 0,01 мм/об; амплитуда колебаний $0,4 \cdot 10^{-3}$ м; частота колебаний 293 с⁻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 серийное производство токоподводящих наконечников для сварки в среде защитных газов из дисперсно-упрочненной меди, обладающих стойкостью, превышающей стойкость изделий из Бр.ХЦр в 2,4...3 раза.

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

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

В связи с полученной 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 Республики Беларусь отказаться от импорта этих изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 10.11.2005

G.F. Lovshenko, A.I. Khabiboullin
In stallation for deep drilling of holes
in dispersion copper alloys hardened
by dispersion
Belarusian-Russian University

The paper outlines the problems originating from welding of small-diameter holes in copper-based materials hardened by dispersion. Also, some recommendations are given to increase the efficiency of the cutting process.