

СВЕРЛЕНИЕ СКВОЗНЫХ ОТВЕРСТИЙ В МОЛИБДЕНЕ СВЕРЛАМИ С ИЗНОСОСТОЙКИМИ ПОКРЫТИЯМИ

*Зеленогурский университет
Зелена Гура, Польша*

Молибден и его сплавы относятся к тугоплавким материалам. В данной группе материалов молибден занимает второе место после вольфрама и его сплавов по прочностным свойствам и первое место – по удельной прочности при температурах ниже 1350-1450°С. Из молибдена изготавливают сотовые панели космических летательных аппаратов, теплообменники, оболочки возвращающихся на землю ракет и капсул, тепловые экраны, обшивку кромок крыльев и стабилизаторы в сверхзвуковых самолетах. Молибден – перспективный материал для оборудования, работающего в среде серной, соляной и фосфорной кислот. В связи с высокой стойкостью молибдена в расплавленном стекле его широко используют в стекольной промышленности, в частности для изготовления электродов для плавки стекла. В настоящее время из молибденовых сплавов изготавливают также прессформы и стержни машин для литья под давлением алюминиевых, цинковых и медных сплавов. Высокая прочность и твердость сплавов молибдена при повышенных температурах обусловили их применение в качестве инструмента при горячей обработке сталей и сплавов давлением (оправки прошивных станков, матрицы, штампы).

В чистом виде молибден применяют в виде ленты или проволоки, в качестве нагревательных элементов электропечей, работающих в атмосфере водорода при температурах до 1600°С. Молибденовая жесть и проволока широко используются в радиоэлектронной промышленности и рентгенотехнике для изготовления различных деталей электронных ламп, рентгеновских трубок и других вакуумных приборов.

Поскольку данный материал имеет весьма низкую теплопроводность и высокую прочность, его обрабатываемость резанием весьма низкая, что отрицательно сказывается на производительности обработки.

Одним из путей повышения эффективности обработки резанием является применение износостойких покрытий на режущих инструментах. Согласно литературным данным, применение покрытий позволяет:

- значительно повысить период стойкости и надежность инструментов;
- увеличить производительность процессов обработки резанием;
- сократить расход дорогостоящих инструментальных материалов;
- повысить качество поверхностного слоя и точность размеров обработанных деталей.

Ниже излагаются результаты исследований процесса сверления сквозных отверстий в молибдене сверлами с различными покрытиями.

Обрабатываемый материал – молибден с добавками 0,18% Ti. Присутствие титана тормозит рост зерен и улучшает свариваемость. Микроструктура материала приведена на рис. 1, основные свойства – в табл. 1.

Таблица 1

Основные свойства молибдена

Параметр	Величина
Плотность, г/см ³	10,2
Твердость, НВ	185...192
Временное сопротивление, МПа	324
Модуль упругости, ГПа	330
Удельная теплопроводность, Вт/м·К	138

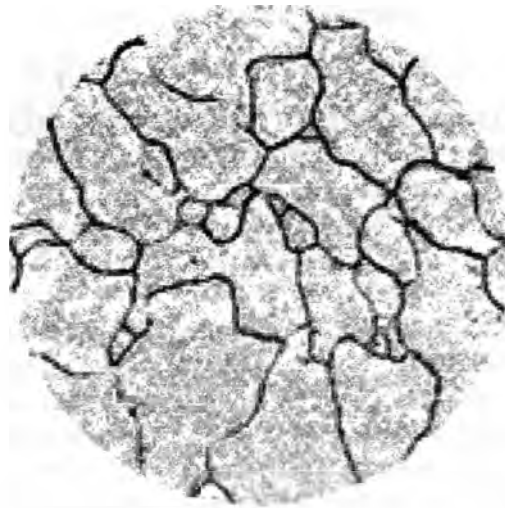


Рис. 1. Микроструктура молибдена ($\times 150$)

Сверление осуществлялось на проход на вертикально фрезерном станке F-251, толщина заготовки 5 мм. Охлаждающая жидкость – 10%-ный водный раствор эмульсола Castrol Syntilo RHS-EX. Исследования выполнялись при скорости резания 10 м/мин и подачах 25 – 63 мм/мин (0,04 – 0,10 мм/об.).

Использовались сверла из быстрорежущей стали (HSS) ГОСТ 886-77 со шлифованным профилем диаметром 5 мм с углом при вершине $2\phi = 118^\circ$, углом наклона стружечной канавки $\omega = 23^\circ$ и задним углом $\alpha = 6^\circ$. Сравнивались результаты сверления сквозных отверстий для непокрытых сверл и сверл с покрытиями Balinit®Futura Nano, Balinit®Hardlube и Balinit®X-Treme. Покрытия наносились методом PVD по технологии фирмы «Oerlikon Balzers Coating». Состав и некоторые свойства покрытий приведены в табл. 2.

Таблица 2

Состав и свойства исследуемых покрытий

Параметр	Futura Nano	Hardlube	X-Treme
Материал	TiAlN	TiAlN + WC/C	TiAlN
Микротвердость HV 0,05	3300	3000	3500
Коэффициент трения	0,30...0,35	0,15...0,20	-
Максимальная рабочая температура, °C	900	800...1000	800
Структура	Наноструктура	Многослойная	Однослойная
Внутренние напряжения, ГПа	-(1,7...2,0)	-(1,7...2,0)	-

На первом этапе исследований рассматривался характер заусенцев, образующихся на выходе сверла из отверстия. При обработке молибдена заусенцы имеют вид коротких фрагментов, расположенных по периметру отверстия, иногда встречаются остатки колпачков. Наибольшая высота заусенцев зафиксирована при использовании покрытия X – Treme.

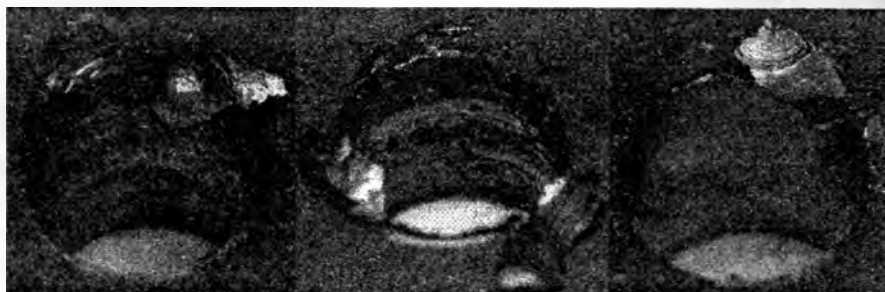


Рис. 2. Форма заусенцев при сверлении отверстий в молибдене

Стружки при сверлении молибдена имеют вид коротких конических спиралей, характерных для обработки хрупких материалов. Форма стружек практически не зависит ни от режима резания, ни от состава покрытия (рис.3).

Известно [1], что особенности процесса обработки можно оценить по коэффициенту утолщения стружки. При сверлении его величина рассчитывается по формуле $K_b = 2h_c/S_0 \sin\varphi$, где h_c – толщина стружки; S_0 – подача сверла; φ – главный угол сверла в плане. Характер влияния подачи и типа покрытия на коэффициент утолщения стружки показан на рис. 4. Легко заметить, что использование покрытий практически всегда увеличивает коэффициент утолщения стружки, иногда более чем в 2 раза. Возможно, это связано с особенностями взаимодействия покрытия с молибденом в зоне контакта. На основании приведенных данных можно прогнозировать отрицательное влияние покрытий на уровень сил и температур при сверлении отверстий в молибдене.

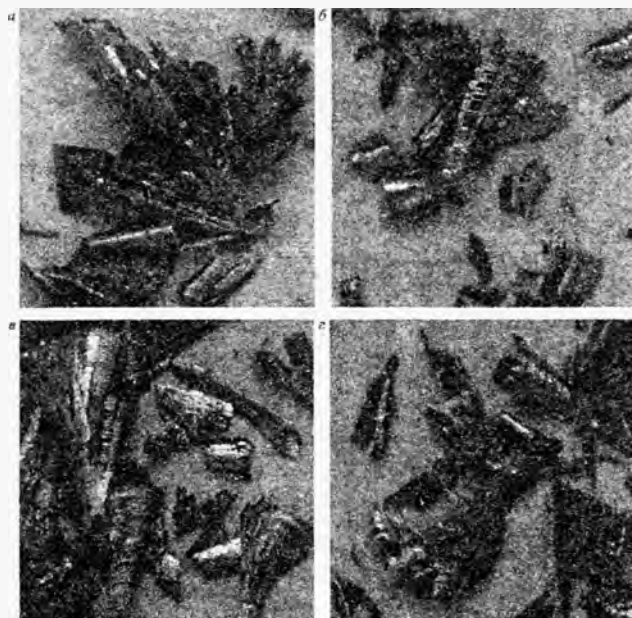


Рис. 3. Форма стружки при сверлении молибдена сверлами: а – без покрытия; б – с покрытием Futura Nano; в – с покрытием Hardlube; г – с покрытием X-Treme ($v = 10$ м/мин, $S = 50$ мм/мин)

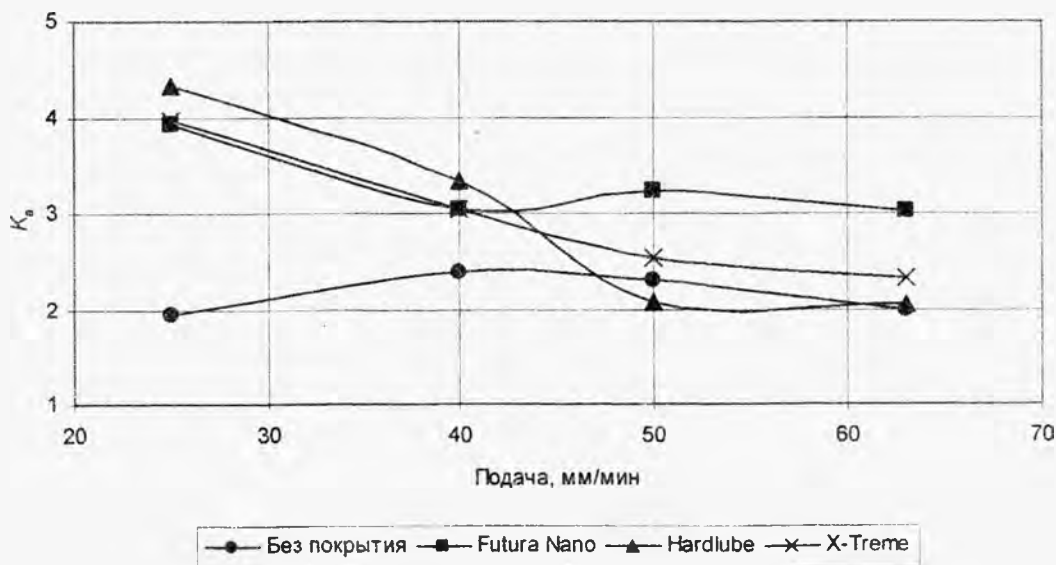


Рис. 4. Влияние подачи на коэффициент утолщения стружки

Условия взаимодействия материалов детали и инструмента (покрытия) весьма существенно влияют на характер износа и интенсивность изнашивания режущих лезвий. Сверла изнашиваются как по главным задним поверхностям, так и в области перемычки, причем износ сверл без покрытия (рис. 5, а, б) значительно превышает износ сверл с покрытиями (рис. 5, в).

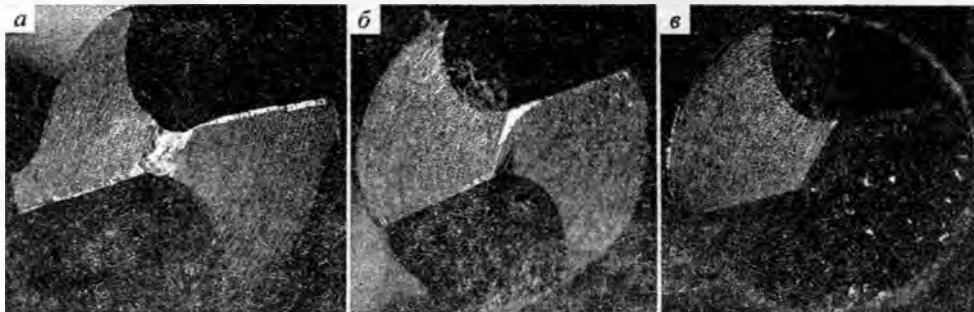


Рис. 5. Характер износа сверл при обработке молибдена

Интенсивность изнашивания сверл (рис. 6) определялась по зависимости

$$I = \sum_{i=1}^k \frac{(h_{31} + h_{32}) N_i l}{2 S_m},$$

где h_{31}, h_{32} – величины износа по двум главным задним поверхностям сверла; N_i – количество просверленных отверстий при i -й минутной подаче; l – толщина детали; S_m – минутная подача сверла; k – количество использованных минутных подач.

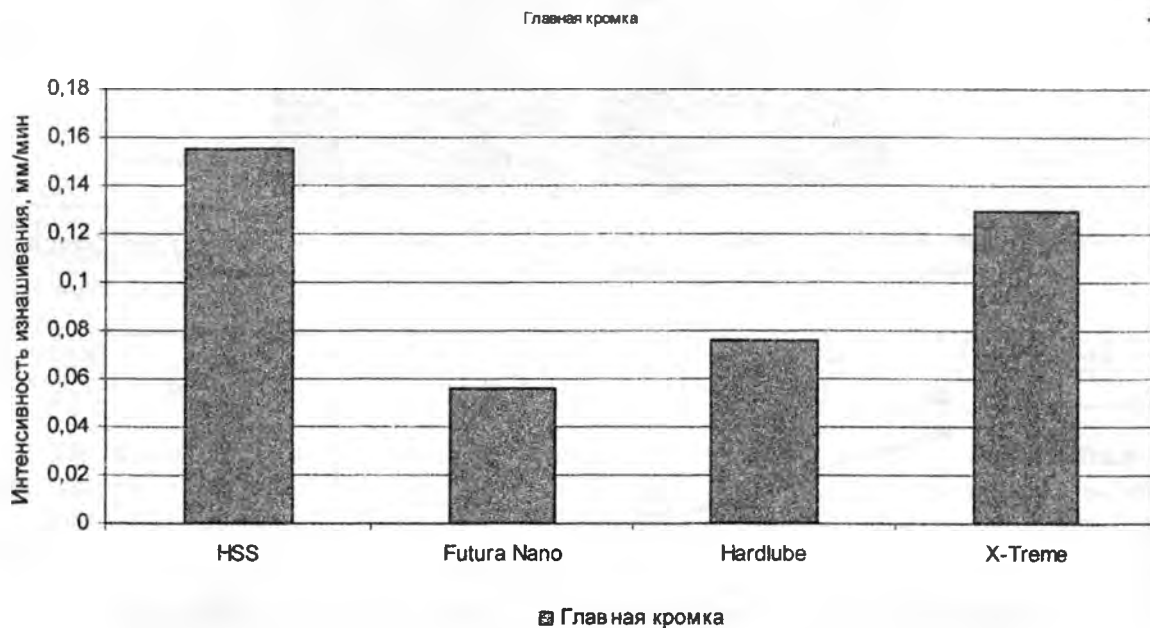


Рис. 6. Интенсивность изнашивания сверл с различными покрытиями

Точность обработки отверстий оценивалась по их разбивке (разнице диаметров сверла и отверстия). По рис. 7 легко установить, что подача практически не влияет на разбивку просверленных отверстий. В большинстве случаев точность просверленных отверстий находится в пределах 10-11 квалитетов точности по ГОСТ 25346-82, однако покрытие „X-Treme” обеспечивает гораздо более высокую точность.

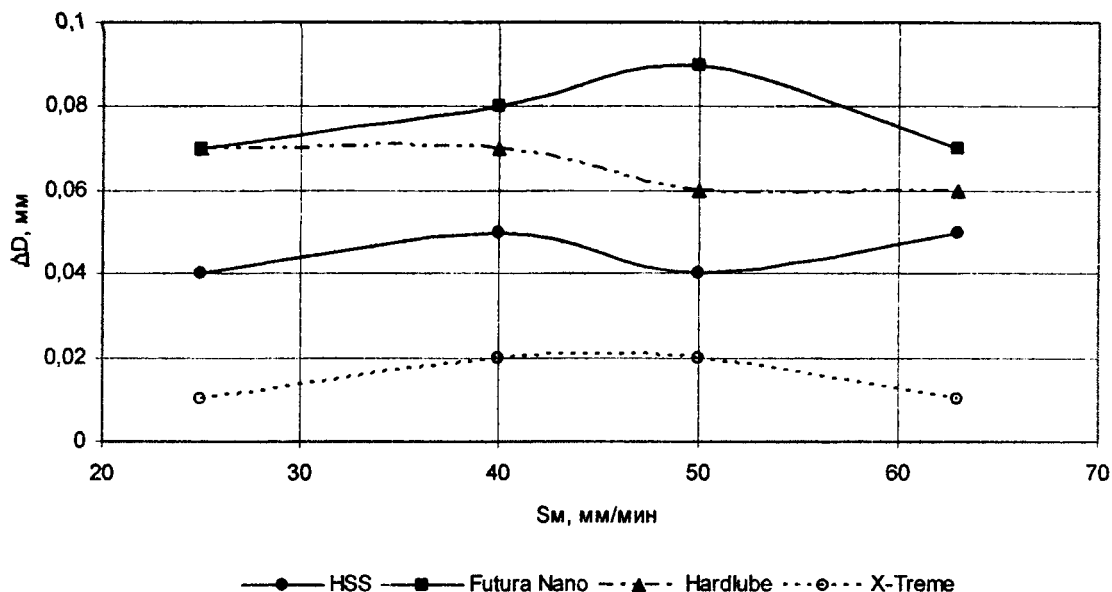


Рис. 7. Влияние покрытия на разбивку просверленного отверстия

Таким образом, использование покрытий оказывает влияние на условия стружкообразования и точность просверленных отверстий при обработке молибдена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ящерицын П.И., Фельдштейн Е.Э., Корниевич М.А. Теория резания. Учебник. Изд. 2, перераб. и доп. Минск: Новое знание, 2006. – 512 с.

УДК 621.941

Фельдштейн Е.Э., Х. Паха-Голенбиовска

ВЛИЯНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА НА ГЕОМЕТРИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ И МИКРОТВЕРДОСТЬ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ТОЧЕНИИ АНТИФРИКЦИОННОГО ЧУГУНА

Зеленогурский университет, Высшая техническая школа
Зелена Гура, Лешно, Польша

Одной из тенденций развития современной техники является использование материалов, наиболее приспособленных к новым, более высоким требованиям. Инструментальные материалы для обработки резанием должны выполнять весьма высокие технические характеристики – высокие твердость и ударную вязкость, сопротивление изнашиванию и теплопроводность. Обработка резанием чугунов характеризуется рядом специфических особенностей, в том числе формой графитовых включений (пластинчатых или сфероидальных). Используемые для обработки чугунов инструментальные материалы обычно не учитывают данного различия.

Целью исследования являлось определение инструментального материала, обеспечивающего минимальную шероховатость обработанной поверхности деталей из антифрикционного чугуна при их высокой размерной точности. Исследовался легированный антифрикционный чугун EN-GJS2131, используется для производства поршневых колец бензиновых двигателей внутреннего сгорания. Материал имеет сложный химический состав, временное