

## ВЫБОР ОБРАБАТЫВАЕМОГО МАТЕРИАЛА И ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ НАНОМЕТРОВОЙ ОБРАБОТКЕ

Галеева В. А.,

научный руководитель – Кочкина Г. В.

*Сибирский государственный аэрокосмический университет*

В нанометровой обработке от микроструктуры материала заготовки зависит точность обработки и качество обработанной поверхности. Например, при обработке поликристаллических материалов, разница упругих коэффициентов на границе зерна и внутренней части зерна вызывает малые шаги неровностей, сформированные на поверхности среза. Угол сдвига зависит от кристаллографической ориентации обрабатываемого материала, потому что он вызывает самовозбуждающуюся вибрацию между режущим инструментом и заготовкой и приводит к локальному изменению шероховатости полученной поверхности. В нанометровой обработке хрупких материалов можно получить пластически деформированную стружку, если достаточно мала глубина резания. Хрупко-вязкий переход существует, когда резание хрупких материалов происходит при низкой нагрузке и проникновении уровней. Переход от пластичного к хрупкому разрушению, обычно называемый «критической глубиной резания», в целом мал – от 0,1 до 0,3 мкм, что ведет к относительно медленными темпами удаления материала.

Тем не менее, метод механической нанометровой обработки является экономически эффективным методом для получения высокого качества сферических и несферических оптических поверхностей, с или без необходимости притирки и полировки. Обрабатываемые материалы должны также иметь низкое сродство с материалом режущего инструмента, т.е. низкую физико-химическую активность инструментального материала к обрабатываемому. Если частицы обрабатываемого материала останутся на инструменте, это вызовет износ инструмента и неблагоприятно повлияет как на саму обработанную поверхность, так и на целостность обработанной поверхности. Таким образом, выбранные обрабатываемые материалы должны иметь приемлемую обрабатываемость, при которой может быть достигнута нанометровая обработка поверхности. Из-за превосходных характеристик в нанометровой обработке широко используется алмазный инструмент. Материалы, применяемые в настоящее время при обработке алмазными инструментами, приведены в таблице 1. Материалы, которые могут быть обработаны с помощью режимов пластичного шлифования алмазными кругами, приведены в таблице 2. В таблице 3 приведено сравнение нанометровой обработки и обычной обработкой резанием во всех основных аспектах механики и физики резания.

Таблица 1

Материалы, применяемые при обработке алмазными инструментами

Полупроводники	Металлы	Пластмассы
Теллурид кадмия	Алюминий и ферросплавы	Акрил
Арсенид галлия	Медь и ферросплавы	Фторопласт
Германий	Никель	Нейлон
Ниобат лития	Золото	Поликарбонат
Силикон	Магний	Полиметилметакрилат
Селенид цинка	Серебро	Пропилен
Сульфат цинка	Цинк	Стирол

Таблица 2

Материалы, которые могут быть обработаны с помощью режимов пластичного шлифования алмазными кругами

Керамика / интерметаллиды		Оптика
Оксид алюминия	Алюминид титана	БК7 (оптическое стекло) или эквивалент
Алюминид никеля	Карбид титана	SF10 (оптическое стекло) или эквивалент
Карбид кремния	Карбид вольфрама	ULE (стекло для зеркал и линз телескопов) или эквивалент
Нитрид кремния	Цирконий	Zerodur (стеклокерамика для зеркал телескопов в условиях космоса) или эквивалент

Таблица 3

Сравнение нанометровой обработки и обычной обработкой резанием

		Нанометровая обработка	Обычная обработка
Фундаментальный принцип резания		Дискретная молекулярная механика (микромеханика)	Непрерывный упругий, пластический, механика разрушения.
Материал заготовки		Гетерогенный (наличие микроструктуры)	Однородный (идеальный элемент)
Физика резания		Атомный кластер или модель микроэлемента $q_i = \frac{\partial H}{\partial p_i}, i = 1, 2, \dots, N, p_i = -\frac{\partial H}{\partial q_i}$	модель плоского сдвига (непрерывная точка в материале)
		Главное напряжение $\sigma = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^{N_A} \sum_{j=1}^{N_B} f_{ij} - \frac{1}{S} \sum_{i=1}^{N_A} \sum_{j=1}^{N_B} f_{0ij}$ (происходит деформация кристалла)	Тензор напряжений Коши (напряжение сдвига) $\tau_s = \frac{F_s}{A}$ (постоянный)
Сила и энергия резания	Рассмотренная энергия	Межатомный функциональный потенциал $U(r^N) = \sum_i \sum_j u(r_{ij})$	Мощность сдвига / трения $P_s = F_s \cdot V_s$ $P_u = F_u \cdot V_c$
	Удельная энергия Сила резания	Высокая Межатомные силы $F_1 = \sum_{j \neq i}^N F_{ij} = \sum_{j \neq i}^N -\frac{du(r_{ij})}{dr_{ij}}$	Низкая Пластическая деформация / трение $F_c = F(b, d_c, \tau_s, \beta_a, \varphi_c, \alpha_r)$
Стружкообразование	Инициирование	Деформация внутри кристаллов (точечные дефекты или дислокации)	Деформация внутри кристаллов (нет границ между зёрнами)
	Деформация и напряжения	Прерывистый	Непрерывный
Режущий инструмент	Радиус режущей кромки	Значительный	Пренебрегается
	Износ инструмента	По задней и передней поверхности	По передней поверхности