

УДК 669.018.25

## СОВРЕМЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ НАНЕСЕНИЯ НА МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ: ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ

Н. М. Чекан

*Физико-технический институт НАН Беларуси, г. Минск*

Исходя из данных COMTRADE ООН по структуре импорта Беларуси за 2020 г., предприятия страны произвели закупку метало- и деревообрабатывающего инструмента на сумму 180 млн долл. Инструмент с покрытиями (2010 г.) – 53 %; 2023 г. – 85 %.

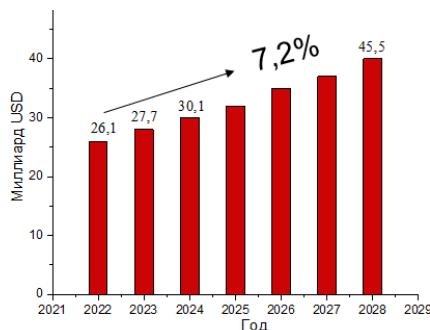


Рис. 1. Объем производства металлообрабатывающих инструментов

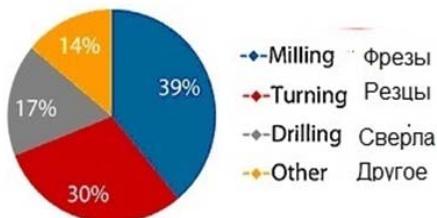


Рис. 2. Типы металлообрабатывающих инструментов

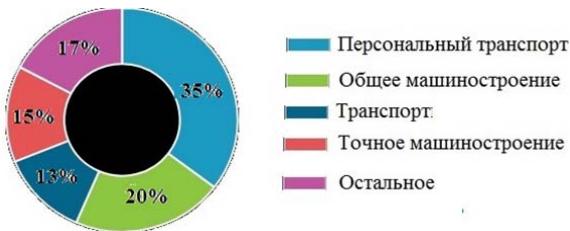


Рис. 3. Использование металлообрабатывающих инструментов по отраслям

Износостойкие покрытия – особый класс материалов со своей структурой, физическими и механическими свойствами. Они обеспечивают увеличение стойкости инструмента в 1,8–5 раз, иногда и более раз.

Коммерческая цена на покрытие не превышает 15–20 % стоимости инструмента.

На современном этапе наблюдается переход от универсальных покрытий к специализированным. Например, компания Mitsubishi разработала 26 видов покрытий в зависимости от типа инструмента, обрабатываемого материала, режима и условий обработки, а также экологических требований – уход от СОЖ.

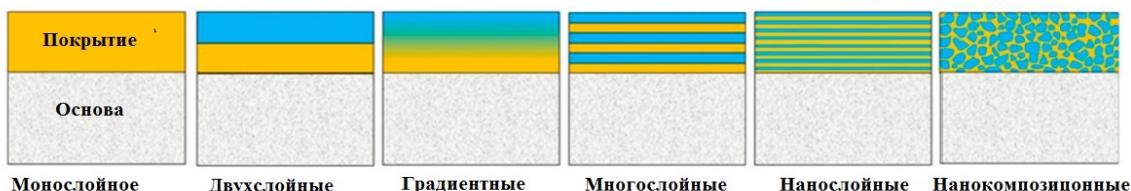


Рис. 4. Типы покрытий по композиции:  
 TiN; TiN/ZrN; TiN/TCN/TiC; TiN/TiBN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; (CrN/TiC)xn  
 n-ZrCN : a-C AlTi : Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>

Таблица 1

**Коэффициент трения покрытий ZrCN, полученных при различных условиях осаждения (номера кривых соответствуют номерам процесса осаждения покрытий)**

Парциальное давление ацетилена, Па	Твердость покрытия, ГПа	Коэффициент трения
$0,75 \times 10^{-2}$ ( № 1)	43	0,86
$1,5 \times 10^{-2}$ (№ 2)	30	0,38
$1,8 \times 10^{-2}$ (№ 3)	18	0,17

Разработаны технологии нанесения следующих типов износостойких покрытий (табл. 2).

Таблица 2

Покрытие	Цвет	Толщина, мкм	Твердость, HV	Коэффициент трения	Максимальная температура, °C	Область применения
TiN	Золотисто-желтый	3–7	2400	0,6	600	Универсальное износостойкое и декоративное покрытие
NiCN	Зоротисто-бронзовый	2–4	3200	0,3	400	Для сверления высокопрочной стали
TiAlN	Фиолетово-черный	2–4	3200	0,6	800	Высокая термостойкость и коррозионная стойкость. Подходит для сверления прочных материалов без охлаждения
AlTiN	Черный антрацит	2,5–5	3500	0,7	900	Покрытие с высокой термостойкостью для твердосплавного инструмента. Для скоростной сухой обработки материалов с высокой твердостью, червячных фрез

Окончание табл. 2

Покрытие	Цвет	Толщина, мкм	Твердость, HV	Коэффициент трения	Максимальная температура, °C	Область применения
ZrN	Светло-золотистый	2–3	2400	0,3	550	Покрытие эффективно снижает налипание на режущую кромку при обработке алюминиевых и титановых сплавов
ZrCN	Золотисто-бронзовый	1–2	3300	0,3	450	Для штампов, пресс-форм и деталей машин. Оптимальное покрытие для обработки давлением
CrN	Серебристый	2–4	2500	0,2	700	Для штампов, пресс-форм и деталей машин. Оптимальное покрытие для обработки давлением
AlCrN	Сине-серый	2–3	2100	0,4	1100	Универсальное покрытие для м/о инструмента, штампов и литейных форм. Исключительная устойчивость к термоударам, твердость при высоких температурах
AlTiSi <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	Фиолетово-черный	1–3	4500	0,4	1100	Стойкость к оксидированию при высокой твердости. Высокоскоростная обработка твердосплавными инструментами
DLC	Черный глянцевый	1–5	1700–6000	0,15	350	–



a)



б)

*Rис. 5. Примеры испытаний покрытий в условиях производства:*

- а – сверла из стали Р6М5 с покрытиями n-ZrCn/a-C;*
- б – твердосплавные резцы с покрытиями AlTiNSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>*

ОАО «Белкард – средняя наработка сверл  $\varnothing 1,5$  2300-134 с покрытиями составила 352 детали, без покрытий – 105 деталей.