

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 металло- и деревообрабатывающего инструмента на сумму 180 млн долл. Инструмент с покрытиями (2010 г.) – 53 %; 2023 г. – 85 %.

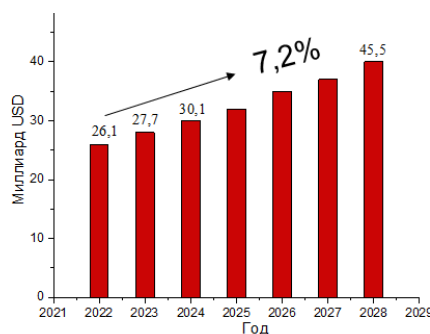


Рис. 1. Объем производства металлообрабатывающих инструментов

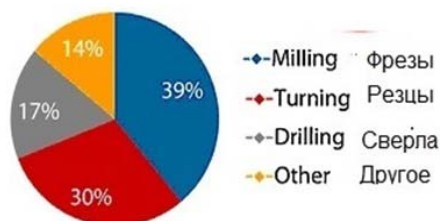


Рис. 2. Типы металлообрабатывающих инструментов

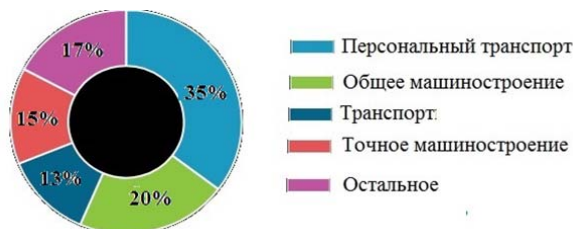


Рис. 3. Использование металлообрабатывающих инструментов по отраслям

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.

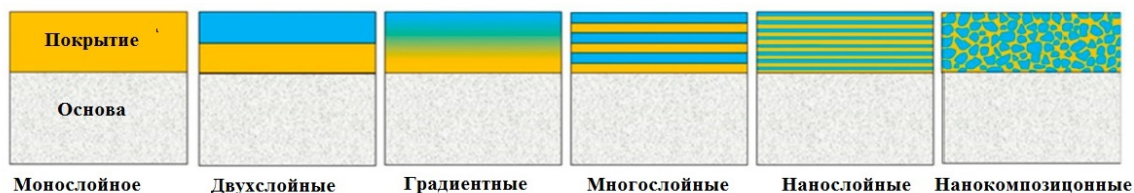


Рис. 4. Типы покрытий по композиции:
 TiN; TiN/ZrN; TiN/TCN/TiC; TiN/TiBN/Al₂O₃; (CrN/TiC)_{xn}
 n-ZrCN : a-C AlTi : Si₃N₄

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 × 10 ⁻² (№ 1)	43	0,86
1,5 × 10 ⁻² (№ 2)	30	0,38
1,8 × 10 ⁻² (№ 3)	18	0,17

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

Таблица 2

Покры- тие	Цвет	Тол- щина, мкм	Твер- дость, HV	Коэф- фициент трения	Макиси- маль- ная темпе- ратура, °C	Область применения
TiN	Золотисто- желтый	3–7	2400	0,6	600	Универсальное износостой- кое и декоративное покрытие
NiCN	Зоротисто- бронзовый	2–4	3200	0,3	400	Для сверления высокопроч- ной стали
TiAlN	Фиолетово- черный	2–4	3200	0,6	800	Высокая термостойкость и кор- розионная стойкость. Подхо- дит для сверления прочных материалов без охлаждения
AlTiN	Черный антрацит	2,5–5	3500	0,7	900	Покрытие с высокой термо- стойкостью для твердосплав- ного инструмента. Для скоро- стной сухой обработки ма- териалов с высокой твердо- стью, червячных фрез

Окончание табл. 2

Покры- тие	Цвет	Тол- щина, мкм	Твер- дость, HV	Кэф- фициент трения	Макси- маль- ная темпе- ратура, °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 ₃ N ₄	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	—



а)



б)

Рис. 5. Примеры испытаний покрытий в условиях производства:

а – сверла из стали P6M5 с покрытиями n-ZrCn/a-C;

б – твердосплавные резцы с покрытиями AlTiNSi₃N₄

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