

ТЕМА 1. МАТЕРИАЛИ ЗА ИЗРАБОТВАНЕ НА РЕЖЕЩИ ИНСТРУМЕНТИ

Условията, в които работят режещите инструменти (силово и топлинно натоварване), са много по-тежки от тези на останалите конструктивни елементи. По контактните повърхнини се реализират нормални напрежения до 1200 МРа и тангенциални напрежения до 200...400 МРа, температурата достига до 1000°. В тези условия протича интензивно триене, адхезионни и дифузионни процеси, понякога химически. При тези тежки експлоатационни условия към инструментите се предявяват много високи и разностранни изисквания, особено за висока надеждност и износоустойчивост. Работоспособността и технико-икономическите им показатели в голяма степен се определят от свойствата на материала на режещата им част.

1. Изисквания към материала на режещата част на инструментите

1.1 Експлоатационни изисквания

Експлоатационните изисквания се отнасят до свойствата на материалите, които са необходими за правилното функциониране на инструментите по време на тяхната експлоатация.

Високата твърдост на режещата част е основно изискване. За да могат да обработват заготовките без самите те да се износват значимо, инструментите трябва да имат значително по-голяма твърдост, което винаги е свързано с по-голяма износоустойчивост. За режещи инструменти се използват най-твърдите естествени или специално създадени от човека материали. Тъй като с увеличаване на твърдостта обикновено се намалява жилавостта на материалите, което е неблагоприятно при динамичното натоварване на инструментите, често се търси не екстремната твърдост, а едно достатъчно съотношение между твърдостите на двойката материали – на инструмента и на заготовката.

Износоустойчивостта на инструментите се изразява в съпротивлението им срещу отделяне на частици от режещите ръбове и контактните им повърхнини. Тя зависи от физикомеханичните свойства на двойката материали, от коефициента на триене между тях, от действащите в зоната на рязане сили и температури и наличието на дифузионни, адхезионни или химични явления по контактните повърхнини на инструмента и заготовката.

Якостта на материала се изразява в способността му да издържа напреженията и деформациите в условията на рязане. Тя зависи силно от зърнометрията, еднородността и разпределението на основните структурни съставни и легиращите елементи на материала на тялото и на режещата част на инструментите.

Жилавостта на материала се изразява в способността му да поглъща механичната енергия при динамични натоварвания. Тя се измерва с изразходваната работа за единица обем или напречно сечение на държача и гарантира устойчивостта му срещу образуване на пукнатини при експлоатация в условия на променливо натоварване, удари и вибрации.

Топлоустойчивостта се измерва с температурата, до която инструменталния материал запазва твърдостта, якостта и износоустойчивостта (работоспособността) си. Над тази температура става рязко изменение на механичните характеристики, свързано с фазови превръщания, рязко намаляване на твърдостта и износоустойчивостта и катастрофално бързо загубване на работоспособност. Топлоустойчивите инструменти реализират по-високи скорости на рязане и могат да обработват по-твърди заготовки.

Топлопроводността на режещите инструменти е необходима за отвеждане на топлината, образувана в зоната на рязане през тялото на инструмента. Недостатъчната топлопроводност предизвиква чувствителност към резки температурни изменения в процеса на изработване, заточване и експлоатация и влошава надеждността на режещите инструменти. Тя зависи от химическия състав, термообработката и работната температура. Примерно при повишаване съдържанието на молибден до 3% и на кобалт до 5% топлопроводността на инструменталните стомани се увеличава. При по-висока работна температура за въглеродните и нисколегирани стомани топлопроводността се понижава, а за високолегираните се увеличава.

Коефициентът на топлинно разширение е важен за прецизни и размерни инструменти, при които топлинната деформация не бива да предизвиква разширения, предизвикващи промяна на размерите на заготовката, обработвана с инструмент при стайна температура и при установена висока работна температура (примерно между размерите на първия и петия обработени детайли).

Химическата инертност на инструменталния материал спрямо този на заготовката в условията на рязане (температурни, силови и трибологични) е свързано с износоустойчивостта. При химическа еднородност на двата материала (рязане на алуминиеви сплави с инструменти от оксидна керамика) и при химически афинитет между двата материала в условията на температурите и наляганята в работната зона (рязане на черни метали с диамантни инструменти) се наблюдава катастрофално бързо износване поради взаимното проникване на двата материала, независимо от голямата твърдост на инструменталния материал.

1.2 Технологични изисквания

Технологичните изисквания засягат свойствата на материала, проявяващи се в процеса на изработването на режещите инструменти. Те са решаващи относно възможността даден инструмент да бъде изработен чрез определен технологически маршрут. За да може инструментът да се изработи чрез определени технологични операции, той трябва да има добра или задоволителна обработваемост чрез някои от методите: рязане, пластична деформация, праховометалургични методи, шлифване, термообработка, спояване, заваряване, залепване.

1.3 Икономически изисквания

Икономическите изисквания се изразяват в минимизиране на разходите за инструменти и включените количества на дефицитни и редки съставки като волфрам, кобалт, тантал, титан и др. Контролира се не толкова цената на

инструмента, колкото разходите за инструменти за изработване на единица продукция (една заготовка, единица обработена площ или обем, единица време).

При използваните хиляди марки обработвани и стотици марки инструментални материали избирането на подходяща двойка материали заготовка-инструмент е сложен технически и икономически въпрос. При универсалните инструменти е по-целесъобразно използването на по-евтини материали с компромис по отношение на експлоатационните им качества, а при специалните високопроизводителни инструменти за масово производство се използват по-скъпи материали и в по-висока степен се използват екстремните експлоатационните възможности на режещите инструменти.

Преките разходи за режещи инструменти са малък дял от себестойността на машиностроителната продукция (5...8 %). Най-важния икономически критерий за оценка на правилния избор на материала, конструкцията и режима на експлоатация на инструментите е те да бъдат така подбрани, че да осигуряват минимални разходи за механичната обработка на произвежданите изделия.

2. Инструментални стомани

Инструменталните стомани са обособени в три големи групи - въглеродни, легирани и бързорежещи. Използват се главно във вид на прокат с кръгла, квадратна, плоска и др. форми. Изработването на конструкцията на инструмента става по идентични технологии чрез механична, термична обработка и шлифование като на подобните машинни детайли. Свързването на инструменталните стомани с държач от конструктивна стомана става предимно чрез заваряване, като често инструментите са монолитни от инструментална стомана.

2.1 Въглеродни стомани

Въглеродните стомани имат много добра механична обработваемост, значителна якост и ниска цена. Основни недостатъци са ниската им топлоустойчивост и технологични качества, изразяващи се в ниска прокаляемост, склонност към пукнатини, вътрешни напрежения и деформации при термообработка. Използват се за механично обработване на материали с малка якост и твърдост, ръчни инструменти и такива, работещи с ниска скорост на рязане (плашки, райбери, длета, пили, инструменти за дърворезба и др.).

Те се закаляват при температура 750...800° и се отвърщат се при температура 200...250°, след което добиват твърдост HRC 60...62. Имат лоша прокаляемост, склонни са към пукнатини и големи вътрешни напрежения.

Съгласно БДС 6751 – 73 представители на тази група са качествените стомани У7-У13 и висококачествените, характеризиращи се с по-малки примеси на сяра и фосфор У7А-У13А. Важни сравнителни експлоатационни характеристики на различните групи материали са показани в табл. 1.3.

2.2. Легирани инструментални стомани

Наличието на легиращи елементи в инструменталните стомани увеличава прокаляемостта и якостта им, подобрява обработваемостта им чрез термообработка. Съгласно БДС 7938073 легираните инструментални стомани се делят на два класа:

- група 1 стомани за студена обработка на метали чрез рязане (9Г2Ф, 9ХС, ХВГ, Х12 и др);
- група 2 стомани за обработване на метали под налягане при температури над 300° (5ХНМ, 5ХНМФ и др.).

Различните марки се означават с букви и цифри. Първите цифри показват средното съдържание на въглерод в стотни от процента. При липса на цифра съдържанието му е около 1%. Следващите букви показват легиращите елементи в състава: Х-хром, Г-манган, С-силиций, Ф-ванадий, В-волфрам, М-молибден, Н-никел, К-кобалт, Т-титан и др. Ако съдържанието му е два или повече процента, те се означават с цифра след буквата на съответния елемент, показваща съдържанието му в проценти.

Мангановите инструментални стомани се използват за точни инструменти за обработване на резби, профили и др. Хромовите и ванадиевите се използват за дървообработващи инструменти за струговане, фрезование и пробиване, волфрамовите - за всякакви инструменти.

Инструменти с дълбока прокаляемост, предназначени за пресоване, шамповане и коване се изработват от стомани с висока прокаляемост, легирани с хром, молибден или волфрам.

Приложението на легираните стомани като материал за режещи инструменти подобно на въглеродните е силно ограничено до изработване на ръчни, прости и слабо отговорни инструменти. В сравнение с въглеродните стомани легираните имат близки експлоатационни и технологични свойства като са по-скъпи, по-яки, по-трудно обработваеми чрез стружкоотнемане. Основното им предимство е по-добрата обработваемост чрез термообработка, след която остават по-малки вътрешни напрежения и деформации, което е много важно при сложната геометрия, неравномерност на дебелината на стените и наличие на остри ръбове в конструкцията на инструментите.

2.3. Бързорежещи стомани

Бързорежещите стомани, означавани в маркировката на инструментите с HSS, съдържат големи количества елементи, образуващи твърди карбиди (волфрам, титан, ванадий и др), значително повишаващи топлоустойчивостта и якостта на материалите. След термообработка структурата им включва мартензит, карбиди и двойни карбиди на легиращите елементи. Те се употребяват практически за всички видове режещи инструменти. Съгласно БДС 7008 – 74 бързорежещите стомани се означават се с букви и цифри, от които цифрата след буквата Р показва съдържанието на волфрама в стотни от процента, а цифрите след буквите Р, Ф, М, К и др. показват процентното съдържание на съответния легиращ елемент в сплавта в цели единици.

Стоманите с нормална топлоустойчивост (P18, P6M5 и др.) са по-евтини и широко употребявани за разнообразни инструменти и обработки на най-употребяваните конструкционни материали. Качествата им силно зависят от равномерността на разпределение на карбидите. При равномерно разпределение на ситнозърнестите карбиди на стомана P18 (бал3) якостта на огъване е 3000 МПа, а при по-неравномерна структура (бал 8) тя се понижава до 2000 МПа.

Стоманите с повишена топлоустойчивост (P18Ф2К5, P6М5К5 и др.) за сметка на по-голямото количество легиращи елементи имат по-високи

експлоатационни възможности и се използват за най-натоварените силово и топлинно режещи инструменти за обработване на топлоустойчиви и неръждаеми стомани. Те имат по-ниска обработваемост чрез шлифоване. Стоманите от двете групи имат склонност към неравномерно разпределение на карбидите, когато заготовките са стоманен прокат. Този проблем отпада при получаването на заготовките по прахово металургичен път.

Праховометалургичните бързорежещи стомани при същия химически състав дори при големи размери на инструментите имат дребнозърнеста структура и висока карбидна еднородност което ги прави най-твърди, яки и ефективни инструментални стомани за сложни инструменти, подложени на ударно натоварване, независимо от по-високата им цена.

Бързорежещите стомани се характеризират с най-голяма якост от всички инструментални материали. Те могат да се обработват по всички технологични методи, характерни за останалите инструментални стомани. Имат значително по-висока топлоустойчивост от тях, което позволява работа със скорости на рязане, превишаващи няколко пъти, скоростите, характерни за въглеродните и легираните инструментални стомани.

2.4 Методи за увеличаване работоспособността на инструменталните стомани

За увеличаване работоспособността на инструменталните стомани се използват разнообразни групи методи:

- **намаляване на триенето по контактните повърхнини** чрез хромиране, цианиране, сулфатиране;

- **увеличаване на повърхностната твърдост и износоустойчивост** чрез азотиране, нитриране, облъчване с лазер, с електромагнитни импулси или радиоактивни вещества, променящи кристалната структура на стоманите;

- **нанасяне на износоустойчиви покрития** от металокерамика, титанов карбид или нитрид, характеризиращи се с по-висока твърдост, по-малък коефициент на триене и склонност към наслойка или полепване на обработвания материал по контактните повърхнини.

Приложението на тези методи води до увеличение на трайността на инструментите от десетина процента до няколко пъти. Най-ефективни и със широко приложение са износоустойчивите покрития, които ще бъдат разгледани по-долу.

3. Металокерамични твърди сплави

Металокерамичните твърди сплави съдържат карбиди на волфрам, титан, тантал и др., свързани със сплавите на кобалт, желязо и сплавите им. Те имат значително по-високи топлоустойчивост и твърдост, разрешаващи високи скорости на рязане и обработване на закалени материали и значително по-малка якост от инструменталните стомани. Свързването на металокерамичните твърди сплави с държач от конструктивна стомана става предимно чрез спояване, а монолитни конструкции се използват предимно за малките по размер инструменти.

По технологични свойства тези материали се отличават от

инструменталните стомани по това, че при изработване на инструменти от тях не се прилагат механични обработки, пластична деформация, заваряване и закалка, силно са застъпени прахово металургичните методи за получаване на заготовките, след които се прилага шлифоване с диамантни дискове.

Съгласно ISO металокерамичните сплави, използвани за режещи инструменти, се разделят на 3 групи според предназначението си:

- сплави, предназначени за рязане на материали, даващи непрекъсната стружка (валцовани и лети, въглеродни и ниско легирани стомани), означавани с буква и цифри P01...P50 и син цвят на държача;

- сплави с междинни свойства, предназначени за рязане на неръждаеми и аустенитни стомани и др., означавани с буква и цифри M01...M40 и жълт цвят на държача;

- сплави, предназначени за рязане на материали, даващи прекъсната стружка (сив, ковък и високояк чугун), означавани с буква K01...K40 и червен цвят на държача.

В края на XX век водещите фирми предлагат по-диференцирани по предназначение сплави, означавани с:

- N01...N30 и зелен цвят на държача за обработване на цветни метали;

- S01...S30 и кафяв цвят на държача за обработване на обработване на никелови, титанови и кобалтови сплави;

- H01...H30 и сив цвят на държача за обработване на отбелен чугун и закалена стомана.

Буквата в началото на означението показва областта на приложение на групата металокерамични сплави. Всяка група е разделена на марки, означавани с двуцифрено число 01, 10...50, чиято по-голяма стойност означава по-голяма якост и по-малка твърдост и износоустойчивост, експлоатация при по-големи дълбочини на рязане и подаване и по-ниски скорости и трайност. Примерно сплавта P40 е предназначена за обработване на стомана с голямо подаване, голяма и променлива по стойност дълбочина на рязане и ниски скорости.

За намаляване на дефицитния в световен мащаб волфрам се използват и безволфрамови металокерамични сплави, в които волфрамовият карбид е заменен с карбиди на титана, тантала, и др. Те имат сходна твърдост и износоустойчивост, но по-малка жилавост от волфрамовите.

През последните десетилетия на XX век металокерамиката категорично измести бързорежещата стомана като най-употребяван режещ материал. Тя се използва във вид на монолитни инструменти или сменяеми режещи елементи. Качествата и зависят от основния материал и от нанесеното повърхностно покритие.

Основният материал на керамиката, предназначена за обработване на материали с къса стружка е съчетание от кобалт (Co) и волфрамов карбид (WC). Увеличаването дела на кобалта води до увеличаване на жилавостта и топлопроводността за сметка на твърдостта и износоустойчивостта. Металокерамиката, предназначена за обработване на материали с плъзгаща се стружка освен горните два материала съдържат и титанов карбид (TiC), увеличаващ съпротивлението срещу изтриващото действие на долната уячена страна на стружката върху предната повърхнина на инструмента.

Освен химичния състав на свойствата на металокерамиката влияе и зърнометричен състав на структурата, като по-ситнозърнестите структури се характеризират с по-голяма твърдост и износоустойчивост.

Повишаването на експлоатационните свойства на металокерамиката се реализира чрез лесно осъществими по праховометалургичния метод съставни конструкции със сърцевина от жилава сплав и корона от износоустойчива марка сплав, примерно свредло за чугун със сърцевина от K40 и корона от K10..

Съвременната металокерамика все по-рядко се използва без нанесени износоустойчиви покрития. Те представляват един до три последователно нанесени тънки слоя (с обща дебелина до 15...20 μm) от TiC, TiN, Ti(C,N), AlN, Al₂O₃ и др., характеризиращи се с по-висока твърдост, по-нисък коефициент на триене и по-ниска адхезия към обработвания материал от тези на основата. Покритията увеличават производителността на металокерамиката. Съчетанието на жилава металокерамична основа с твърдо покритие прави режещите елементи по-универсални, пр. вместо три марки P10, P20 и P30 може да се използва една марка покрития сплав, подходяща за осъществяване на чисти и получисти обработки.

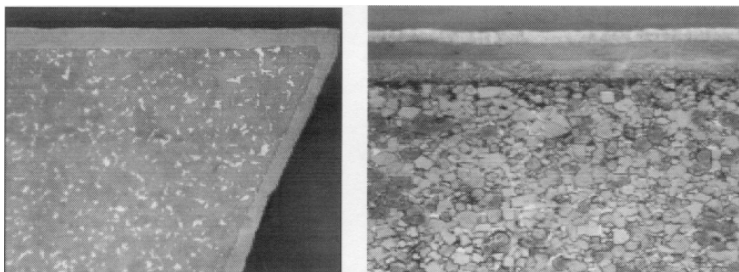
Алуминиевият оксид (чер цвят) е покритието с най-голяма твърдост, топлоустойчивост и съпротивление срещу износване по предна повърхнина. Титановият нитрид (жълт цвят) е с най-голяма химическа стабилност и реализира висока трайност по предна повърхнина. Титановият карбонитрид (сив цвят) осигурява висока износоустойчивост по задна повърхнина.

Покритията се различават както по химичен състав, така и по метод на нанасяне, което се отразява на експлоатационните им свойства.

Високотемпературният метод на химическо нанасяне на покритията, международно означаван като CVD метод се реализира при 800...1000 °C. Използва се при голяма и средна дебелина на стружката и се характеризира с:

- предимства – по-добра адхезия с основата, могат да се формират по-дебели износоустойчиви покрития, които са с еднаква дебелина;
- недостатъци – не може да се нанася върху остри ръбове, покритието се характеризира с опънови остатъчни напрежения.

Нискотемпературният метод на физическо нанасяне на покритията, международно означаван като PVD метод се реализира при 400...600 °C. Използва се при малка дебелина на стружката и се характеризира с:



а/

б/

Фиг. 1.1. Металокерамична сплав
а/ с еднослойно б/ с трислойно покритие

- предимства – може да се нанася върху остри ръбове, има натискови остатъчни напрежения;

- недостатъци – по-слаба адхезия с основата и неравномерна дебелина.

На фиг. 1.1 е показана структура на металокерамична сплав с покритие при увеличение 1500 пъти.

4. Режеща минералокерамика

Минералокерамиката представлява група материали, главно Al_2O_3 , получавани чрез синтероване и спичане на прахове с едрина 1-3 μm с добавяне на MgO , ZrO и др, за свързка. По предназначение тази група материали се разделя на две основни подгрупи: конструкционна (за износоустойчиви дюзи, изкуствени стави, затварящи елементи за санитарна арматура и др.) и режеща керамика. Разликата е основно в прецизността на спазвания химически състав и едрината на структурните съставни преди и след спичане, които са в по-тесни граници при режещата керамика.

Режещата минералокерамика притежава по-голяма твърдост и топлоустойчивост и по-малка якост от металокерамичните сплави и не съдържа редки и дефицитни химически елементи. Тя се характеризира със силно ограничена обработваемост. След пресоването и спичането на режещите елементи, изработени от нея, те могат да се обработват само чрез шлифване. Тя не може да се заварява, споява и залепя.

Произвежда се във вид на режещи пластини, механично закрепвани към тялото на инструменти. По химически състав са обособени три групи режеща керамика.

Корундовата (оксидна, бяла) керамика съдържа чист (99,9%) алуминиев оксид (Al_2O_3 , корунд). Тя има максимална твърдост и минимална якост, топлопроводност и жилавост от трите групи керамика.

Карборундовата (оксидно-карбидна, черна) керамика съдържа алуминиев оксид и определен процент карбиди на ванадия, титана или молибдена, които са структурни съставни и на металокерамиката. Тя има междинни износоустойчивост, топлоустойчивост и якост между оксидната керамика и металокерамиката.

Нитридната керамика с основен състав силициев нитрид (Si_3N_4), подобно на предишните две групи се получава чрез праховометалургичен път и се използва във вид на непрезаточващи се сменяеми пластини за различни инструменти.

Приложението на режещата керамика е ограничено поради по-малката якост, жилавост, топлопроводност и чувствителност към температурни промени. Приложението и е високо ефективно в случаите, когато машините, режимите и прибавките са подходящо подбрани. Тя е особено ефикасна при рязане на закалени стомани, твърди чугуни и др. Оксидната и карбидно оксидната керамика не се препоръчват за обработване на алуминиеви сплави поради химическата им еднородност с основната съставка на материала – алуминиев оксид.

По принцип керамиката работи без охлаждане, рядко се използва въздух или емулсия, главно с цел почистване на стружките.

5. Абразивни материали

Абразивните материали по произход са естествени и изкуствени. Те представляват зърна, прахове и микропрахове с неправилна форма. Използват се за изработване на абразивни дискове, брусове, главички, ленти, шкурки и пасти.

5.1. Естествени абразивни материали

Кварц - съдържа силициев оксид (SiO), има малка твърдост, почти не се използва за промишлени цели.

Корунд - съдържа над 80% алуминиев оксид, има ограничено приложение.

Шмиргел - съдържа до 80% корунд и много примеси. Използва се за ръчни точила.

Естествен диамант - разглежда се към свръхтвърдите материали.

Поради наличието на примеси, негарантиран химичен състав и механични свойства, естествените абразивни материали имат нищожно практическо приложение с изключение на диаманта.

5.2. Изкуствени абразивни материали

Изкуствените абразивни материали имат много по-постоянни и гарантирани качества, разнообразие и приложение поради почистването от примеси и гарантирането на еднороден химически и зърнометричен състав. Те се характеризират с вид и зърнистост.

Електрокорунд - получава се от стопен в електрически пещи корунд с висока степен на чистота в няколко разновидности:

- **Електрокорунд нормален** (ЕН) с чистота 92...96 %, широко употребяван за шлифование на пластични материали. По БДС се означава с 1А;

- **Електрокорунд бял** (ЕБ) с чистота 97...99 % се използва за прецизно шлифование. Означава се с 8А;

- **Електрокорунд рубин** с чистота 99 % се използва за шлифование на закалени и топлоустойчиви стомани. Означава се с 9А;

- **Легиран електрокорунд** се използва за обработване на керамика, мек бронз, пластмаси.

Карборунд (силициев карбид) има два представителя:

- **Силициев карбид чер** с чистота 96...98% SiC се използва за обработване на сив чугун, мед, месинг, алуминий, бронз и се означава с 1С.

- **Силициев карбид зелен** с чистота над 98 % SiC е много твърд и крехък материал с приложение за шлифование на металокерамика и означение по БДС 2С;

Борен карбид е материал по-твърд от електрокорунда, но крехък, с по-малка топлоустойчивост, употребяван за полировъчни и заглаждащи пасти.

Кубичен борен нитрид – това е представител на свръхтвърдите материали, който не се среща в природата и се разглежда по-долу.

Според зърнистостта си абразивните материали се групират в 6 групи, в които размерът на зърното се означава с числа: много едри 8...12, едри 14...24, средни 30...60, фини 70...120, много фини 150...240 и микропрах 280...600. Зърна от електрокорунд бял със средна зърнистост се означават примерно 8А 54.

Размерът на абразивните зърна, влизащи в конструкцията на абразивните инструменти е определящ за производителността им и качеството на обработената повърхнина. При използване на по-големи по размер прахове за абразивни дискове те могат да работят с по-големи стойности на надлъжното, напречното подаване и дълбочината на рязане, но се получава по-грапава обработена повърхнина.

6. Свръхтвърди материали

6.1. Видове

Диамантът и кубичният борен нитрид, най-твърдите от всички естествени и изкуствени материали са обединени под наименованието свръхтвърди материали. Те имат най-голяма износоустойчивост от всички инструментални материали и са в състояние да обработват чрез рязане практически всички материали, независимо от вида и твърдостта им.

Диамантът представлява модификация на въглерода с кубична кристална решетка. Среца се като естествен, а от 1954 г. се добива и по изкуствен път при високи температури и налягания. Количеството му се измерва в карати (1 ct=0,202 g.). Топлопроводността му е 2...5 пъти по-голяма от тази на металокерамиката, коефициентът на линейно разширение е 5 пъти по-малък, нищожен е коефициентът на триене. При високи температури и налягания в зоната на рязане проявява химическа активност към желязото, което го прави неподходящ за обработване на черни метали. При температури над 650⁰ изгаря изгаря във въздуха. Тази особеност определя предназначението му за обработване на цветни метали и неметали. Единичните кристали имат силно изразена анизотропност - различна якост в различните направления, което изисква внимателно подбиране конструкцията на режещите части от едри монокристали. Този недостатък липсва при поликристалните диаманти, означавани с РСD, чиито единични зърна с размер от 1...3 до 30...50 μm са разположени хаотично в обема на големия поликристал.

Вторият по твърдост материал е кубичният борен нитрид (BN), който е изкуствен материал, среща се в природата като мек бял прах с друга кристална решетка. От него при високи температури и налягания се получава кубичната модификация, характеризираща се с максимална топлоустойчивост и химическа инертност към желязото, което го прави много удобен за рязане на черни метали с висока твърдост.

Свръхтвърдите материали се използват във вид на монокристали, поликристали, зърна, прахове и микропрахове. От моно и поликристалите се изработват инструменти с дефиниран режещ ръб. Зърната и праховете се използват за машинни и ръчни абразивни инструменти, а микропраховете - за абразивни инструменти, шкурки и пасти.

6.2. Зърна, прахове и микропрахове от свръхтвърди материали

Зърнистостта на свръхтвърдите материали се изразява с размера им в μm. Зърната са с размер над 630 μm, праховете от 630 до 50μm, а микропраховете - под 50 μm. Те се характеризират с вид и марка.

Праховете от естествен диамант се означават по БДС с А, а тези от изкуствен диамант с АС и цифри 2, 4, 6, 15 и 32. Нарастващата цифра означава по-голяма якост, по-правилна кристална форма и по-малка активна повърхност за единица обем. Зърнистостта на праховете и зърната се означава по БДС с дроб (пр. 100/80), показваща размера на квадратните отвори на ситото през което е преминала фракцията и размера на отворите, които са я задържали. Зърнистостта на микропраховете 50/40 до 1/0 отразява най-големия и най-малкия им размери

при измерване с микроскоп.

За повишаване на якостта, износоустойчивостта и намаляване на изкъртванията диамантените зърна могат да се покриват с метали, неметали и композиции, което се означава чрез допълнителни букви. Пр. АС2М 200/160 означава метализиран прах с най-ниската якост и означената зърнистост.

Праховете от кубичен борен нитрид руско производство се произвеждат с нормална якост, означавани с КО и с повишена якост КР, с метални покрития КРМ 80/63 (кубонит с повишена якост и метално покритие със съответната зърнистост), със стъклени покрития КОС 63/50. Микропраховете КМ са със зърнистост от 60/40 до 1/0. Праховете западно производство се означават с СВN (кубичен борен нитрид).

По американският стандарт зърнистостта на свръхтвърдите материали се изразява в мешове (брой зърна в един квадратен дюйм) като на по-дребните зърна съответства по-голяма цифра. В табл. 1.1 са показаните съответствията на зърнистите на свръхтвърдите материали в μm с тези в mesh.

Табл. 1.1. Съответствие на зърнистите на микропраховете в mm и в mesh

mesh	400	600	800	1100	1200	1800	3000	5000	8000	12000	14000
μm	60/40	40/28	28/20	20/14	14/10	10/7	7/5	5/3	3/2		2/1

В табл. 1. 2 са показани сравнителни означения на зърнистите на праховете от свръхтвърди материали по различни стандарти. С D е означен шлифовалният прах от технически диамант, а с В – този от кубичен борен нитрид.

Табл. 1.2. Съответствие на зърнистите на праховете по различни стандарти

FERA стандарт	Диамантен шлифовален прах			Борнитрид
	АСТМ-Е-11-70 mesh	DIN 848 ISO 6106	ГОСТ 9206-80 μm	DIN 848 (1980)
D 501	35/40	500/425	500/400	B 501
D 426	40/45	425/355	400/315	B 426
D 356	45/50	355/300	315/250	B 356
D 301	50/60	300/250	250/200	B 301
D 251	60/70	250/212	200/160	B 251
D 213	70/80	212/180	160/125	B 213
D 181	80/100	180/150	125/100	B 181
D 151	100/120	150/125	100/80	B 151
D 126	120/140	125/106	80/63	B 126
D 107	140/170	106/90	63/50	B 107
D 91	170/200	90/75	50/40	B 91
D 76	200/230	75/63		B76
D 64	230/270	63/53		B 64
D 54	270/325	53/45		B 54
D 46	325/400	45/38		B 46

6.3. Поликристали от свръхтвърди материали

Поликристалите от синтетичен диамант имат екстремно висока твърдост, задоволителна якост, висока топлопроводност. Те се означават с букви и цифри, примерно PCD10...PCD30 и имат област на приложение като за металокерамика марка N (за обработване на цветни метали и неметали). Поликристалите PCD10, характеризиращи се с едрина на зърната до 5...10 μm са подходящи за фини обработки при добри условия на рязане, докато PCD30 с едрина на зърната 30...50 μm имат по-висока якост, подходящи са за снемане на неравномерни прибавки и за фрезоване, но отстъпват по трайност и качество на обработената повърхнина.

Поликристалите от кубичен борен нитрид се означават с PCBN10...PCBN350 и имат област на приложение като за металокерамика марки K и H (за обработване на чугун и закалена стомана), но с по-високи скорости, възможности за обработване на по-твърди материали и реализиране на по-висока трайност на инструмента и качество на обработената повърхнина..

Поликристалите се използват за оформяне на повърхнините и ръбовете на режещата част на инструментите или като покрития върху контактните повърхнини на режещи пластини от металокерамика.

Интензивните многогодишни усилия за търсене на по-твърди естествени или получаване на изкуствени материали, които да се използват за режещи инструменти в света в продължение на 60 г. не дават резултати.

Целесъобразната област на приложение на свръхтвърдите материали е шлифование, струговане, пробиване, зъбонарязване, резбошлифование и др. на черни метали с висока твърдост (CBN, PCBN) и на цветни метали и неметални материали – стъкло, керамика, металокерамика, бетон, варовик, скъпоценни камъни и др. (диамант). При ниски силови и температурни натоварвания в зоната на рязане (хонинговане, полиране, притриване, ръчни обработки и др.) диамантените инструменти се прилагат и за обработване на черни метали.

Някои важни сравнителни експлоатационни характеристики на групите материали (якост, топлоустойчивост, допустими скорости на рязане и твърдост на заготовките) са показани в табл. 1.3.

Таблица 1.3. Експлоатационни характеристики на инструменталните материали

Материал	σ_B , МПа	HRC/HRA*	T°, °C	V _{max} , m/min	HRC загот.
Въглеродни стомани	2000-3000	60 – 64	200 - 250	до 10	20 - 30
Легирани стомани	2500-3200	60 – 65	200 - 260	12 - 15	20 - 30
Бързорежещи стомани	3000-4000	62 – 70	600 - 650	30 - 50	20 - 35
Металокерамика	1000-2000	82 – 92*	800 - 1000	250 - 300	20 - 55
Режеща керамика	300-900	85 – 93*	1000 - 1200	300 - 800	30 - 60
Свръхтвърди материали		88 – 96*	600 - 1300	600 - 3000	всякаква

Материали за изработване на телата на инструментите

По конструкцията инструментите биват монолитни, съставни и сглобяеми. Монолитните, изработени изцяло от скъпи и трудно обработваеми инструментални материали се срещат все по-рядко. Телата, закрепващите и допълнителните елементи на съставните инструменти се конструират с оглед на

достатъчна якост , стабилност и виброустойчивост а тези, които се въртят с големи честоти - и с минимална маса, за минимизиране на центробежните сили.

Най-често се използват конструкционни стомани марки 45, 40Х, инструментални У8, 9ХС и др. в закалено и незакалено състояние в зависимост от натоварванията. Телата на дисковете от свръхтвърди материали, въртящи се с големи скорости, обикновено се изработват от алуминиеви сплави или бакелит.

КОНТРОЛНИ ВЪПРОСИ

Изберете един от трите посочени отговора, който най-пълно и вярно отговаря на зададения въпрос. На отворените въпроси отговорете кратко.

1. **Експлоатационни изисквания** към материала на режещата част са:
а/ твърдост, прокаляемост, износоустойчивост б/ якост, жилавост, топлоустойчивост в/ топлопроводност, деформируемост, заваряемост
2. По **нарастващи възможности** на рязане на закалени заготовки са наредени:
а/ У10А, 45, М10 б/ Р9М5, М20, карборундова керамика в/ РСВN, К20, Х
3. Чрез какви средства може да се постигне **увеличаване** на работоспособността на инструменталните стомани? (отворен въпрос – оценява се с 2, 1 или 0 точки)
4. Какви са **предимствата и недостатъците** на въглеродните стомани като инструментален материал? (отворен въпрос – оценява се с 2, 1 или 0 точки)
5. За ударно рязане на чугун с големи прибавки са най-подходящи материалите:
а/ К20 б/ Р40 в/ К40
6. Легираните стомани имат **значителни предимства** пред въглеродните по отношение на :
а/ цена б/ закаляемост в/ топлоустойчивост
7. **24 карата диамант** означава:
а/ 100% диамант б/ 4,8 грама диамант в/ показател за якост
8. Какво представлява материалът АС2 200/160, за какви обработки е подходящ и за какви не се използва?
9. Посочете кои зърна на електрокорунд нормален са с **най-големи размери**
а/ 1А 54 б/ 1А 150 в/ 1А 10
10. **Най-неподходящо** е чисто струговане на стомана с нож от:
а/ Р40 б/ РСD в/ Р20
11. Режещите пластини от керамика се закрепват към телата на държачите чрез:
а/ заваряване б/ спояване в/ механична конструкция

12. Поликристалите от PCBN се използват за изработване на инструментни от типа: а/ фрези, червячни фрези б/ абразивни шкурки, ленти в/ разстъргващи ножове, полировъчни пасти

13. **Най-неподходящата** комбинация от материали за изработване на монолитни разстъргващи ножове с изтеглена глава е:

а/ P10, режеща керамика б/ P6M5, P10Ф5K5 в/ 9XBГ, У10А

14. По **нарастващи възможности** за реализиране на груба обработка със силни удари са наредени материалите в комбинацията:

а/ P6M5K5, P6M5K5 с покритие, корундова керамика б/ PCBN, P6M5, P 40

в/ металокерамика P10 с покритие, P20 с покритие, P40