КОЛЕДЖ РАКЕТНО-КОСМІЧНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

ДНІПРОВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ім. ОЛЕСЯ ГОНЧАРА

|  |  |
| --- | --- |
| Відділення | *Технологічне* |
| Предметна (циклова) комісія  | *Технологія обробки матеріалів на верстатах і АЛ* |

**Конспект лекції**

**на тему «Інструментальні матеріали**

**та головні вимоги до них»**

**з навчальної дисципліни «Основи обробки матеріалів та інструмент»**

Для студентів спеціальності *133 Галузеве машинобудування*

 (шифр і назва спеціальності)

Освітня програма  *Технологія обробки матеріалів на верстатах і*

*автоматичних лініях*

 (назва освітньої програми)

Розробив викладач спецдисциплін

Назаренко Н.С.

Дніпро

2017



Основні вимоги до інструментальних матеріалів – наявність твердості, стійкості до зношування, дії тепла та ін. Відповідність цим критеріям дозволяє здійснювати різання. Щоб здійснити впровадження в поверхневі шари виробу, що піддається обробці, леза для різання робочої частини повинні бути зроблені з міцних сплавів. Твердість може бути природною або набутою. Приміром, інструментальні сталі заводського виготовлення легко ріжуться. Після обробки механічним і термічним способом, а також шліфування і заточування, рівень їх міцності і твердість підвищується.

У процесі різання інструмент, особливо його ріжуча частина, піддається великим тискам, тертю, нагріванню, що сприяє зношуванню і навіть руйнуванню різального інструменту.

Тому інструментальні матеріали повинні мати достатньо високу твердість, зносостійкість та теплостійкість.

Головними вимогами, що пред'являються до інструментальних матеріалів є:

* достатня твердість та міцність;
* зносостійкість при високій температурі нагрівання протягом тривалого часу.

*Твердість* – важлива характеристика фізико-механічних властивостей інструментального матеріалу, вона повинна значно перевищувати твердість матеріалу, що обробляється.

Інструментальні сталі мають твердість за Роквеллом. Твердість має цифрове позначення, а також літерне HR зі шкалою А, В або С (наприклад HRC). Вибір інструментального матеріалу залежить від виду металу, що оброблюється. Самий стійкий рівень функціонування і низька зношуваність лез, які пройшли термічну обробку, може бути досягнута при показнику HRC 63-64. При більш низькому показнику властивості інструментальних матеріалів не настільки високі, а при високій твердості вони починають кришитися з-за крихкості.



Метали, що володіють твердістю HRC 30-35 чудово піддаються обробці залізними інструментами, що пройшли термічну обробку з показником HRC 63-64. Таким чином, співвідношення показників твердості становить 1:2. Для оброблення металів з 45-55 HRC слід застосовувати матеріали, основу яких складають тверді сплави. Показник їх становить HRA 87-93.

*Зносостійкість* – здатність матеріалу протистояти зношуванню при стиранні його іншими матеріалами.

*Теплостійкість (червоностійкість)* – теплова властивість матеріалу, характеризується температурою нагрівання, що викликає структурні зміни (розпад мартенситу). У разі цього після охолодження твердість його стає нижчою, ніж до нагрівання і помітно знижується стійкість. Саме теплостійкість впливає на вибір швидкості різання.

*Міцність* обумовлюється межею міцності при стисненні ударної в'язкості інструментального матеріалу.

В процесі різання на робочу частину впливає сила 10 кН і вище. Вона провокує висока напруга, що може спричинити за собою руйнування інструменту. Щоб цього не сталося, матеріали для різання повинні володіти високим коефіцієнтом міцності. Кращим поєднанням характеристик міцності мають інструментальні сталі. Робоча частина, виконана з них, прекрасно витримує сильне навантаження і може функціонувати при стиску, крученні, згину та розтягу.

 Усі матеріали, що застосовуються для виготовлення різального інструменту можна поділити на:

1. Інструментальні вуглецеві сталі.

2. Інструментальні леговані сталі.

3. Швидкоріжучі сталі.

4. Конструктивні сталі.

5. Тверді сплави.

6. Мінералокерамічні матеріали.

7. Алмаз, ельбор.

8. Абразивні матеріали.

**Інструментальні вуглецеві сталі**

 Ці сталі містять 0,6-1,4% С.

Для виготовлення ріжучої частини інструменту використовують такі сталі:

У7А – 0,65-0,74% С

У8А – 0,75-0,84% С

У9А – 0,85-0,94% С

У10А – 0,95-1,04% С

У11А – 1,05-1,14%С

У12А – 1,15-1,24%С

У13А – 1,25-1,35%С

Присутність букви «А» в кінці маркування свідчить про високу якість сталі (вміст таких речовин, як сірка і фосфор, не перевищує 003 %). Інструментальні вуглецеві сталі характеризує твердість з показником HRC 62-65 та низький рівень стійкості до температур. Дозволена швидкість різання 10-15 м/хв. Вуглецеві сталі характеризуються високою критичною швидкістю охолодження і потребують при гартуванні різке охолодження у воді. Недоліком їх є невелика загартованість, підвищенні внутрішні навантаження і, як наслідок, значне короблення інструменту при термообробці. Марки інструментальних матеріалів У9 і У10А застосовуються при виготовленні пив, а серії У11 У11А і У12 призначені для ручних мітчиків та ін. інструментів. Рівень стійкості до температури сталей серії У10А, У13А становить 220°С, тому інструмент з таких матеріалів радиться використовувати при швидкості різання 8-10 м/хв.

**Інструментальні леговані сталі**

Легована сталь (або спеціальна [сталь](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C)) – сталь, яка містить добавки інших [металів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB) з метою надання їй тих чи інших властивостей. Як легуючі елементи найчастіше застосовують хром, [нікель](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D1%96%D0%BA%D0%B5%D0%BB%D1%8C), [марган](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BD%D0%B3%D0%B0%D0%BD)ець, [вольфрам](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%84%D1%80%D0%B0%D0%BC), [молібден](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D1%96%D0%B1%D0%B4%D0%B5%D0%BD) і [ванадій](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%B9), значно рідше – [кобальт](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%82), [титан](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD_%28%D1%85%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%29), [берилій](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BB%D1%96%D0%B9) та інші метали. У більшості випадків легуючі елементи додаються в незначних кількостях – десяті частки відсотка, але деякі з них — від декількох до 10-15% і навіть більше. Назви легованих сталей походять від назв легуючих елементів.

За ступенем легування сталі поділяють на низьколеговані – з вмістом легуючих елементів до 2,5%, середньолеговані – з вмістом легуючих елементів 2,5-10% та високолеговані, де вміст легуючих елементів перевищує 10%.

Головна мета легування переважної більшості сталей – підвищення [міцності](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96%D1%86%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C) за рахунок розчинення легуючих елементів у [фериті](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%82_%28%D0%B7%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7%D0%BE%29) та [аустеніті](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%96%D1%82), утворення [карбідів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%B4) та збільшення прогартовуваності. Крім того, легуючі елементи можуть підвищувати [стійкість проти корозії](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D1%82%D1%96%D0%B9%D0%BA%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C), [теплостійкість](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96%D0%B9%D0%BA%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C), [жаростійкість](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B0%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96%D0%B9%D0%BA%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C) (окалиностійкість), [жароміцність](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%96%D1%86%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C), тощо. Такі елементи як хром, марганець, молібден, вольфрам, ванадій, титан утворюють карбіди, а нікель, кремній, мідь, алюміній карбідів не утворюють. Крім того, легуючі елементи зменшують критичну швидкість охолодження при [гартуванні](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D1%80%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F), що необхідно враховувати при призначенні режимів гартування (температури нагрівання та середовища для охолодження). За значної кількості легуючих елементів може суттєво змінитись структура, що приводить до утворення нових структурних класів в порівнянні з вуглецевими сталями.

Леговані сталі маркують за допомогою літер і цифр. Легуючі елементи позначаються літерами: Н – нікель, Х – хром, К – кобальт, М – молібден, Г – марганець, Д – мідь, Р – бор, Б – ніобій, С – кремній, В – вольфрам, Т – титан, Ф – ванадій, П – фосфор, А– азот.

Перші дві або три цифри на початку маркування показують середній вміст вуглецю в сотих частках відсотка, а якщо одна цифра – то в десятих частках. Цифри, які стоять після літер, вказують на середній вміст легуючого елемента, що позначається цією літерою у відсотках. Якщо вуглецю або легуючого елемента міститься близько 1%, то цифри не ставляться. Буква А на кінці маркування позначає, що дана сталь належить до високоякісних.

Наприклад:

*сталь 35Х2ГСА* має 0,35% вуглецю, 2% хрому, 1% марганцю, 1% кремнію. Буква А означає, що ця сталь високоякісна;

*сталь 110Г13* містить 1,10% вуглецю, 13% марганцю;

*сталь ХВ5* має 1% вуглецю, 1% хрому, 5% вольфраму;

*сталь 9ХС* містить 0,9% вуглецю, 1% хрому, 1% кремнію.

Леговані сталі використовуються для виготовлення вимірювального та ріжучого інструментів. Леговані сталі менш чутливі до перегрівання, добре прогартовуються і обробляються різанням. Завдяки наявності в них вольфраму і хрому поліпшується їх шліфування, що дуже важливо при виготовленні ріжучого інструменту. З усіх передбачених ГОСТом 5950-83 сталей практично використовують для ріжучого інструменту леговані сталі марок 11X, XB5, В1, 9ХС, ХВГС та ХВГ.

Завдяки високій стійкості проти спрацювання застосовують хромокремнiєву сталь 9XC, яка мало деформується. Теплостійкість сталі 9XC дорівнює 525-535ºК (250-260°С). Ця сталь добре загортається. До недоліків відносять підвищену твердість після відпалювання. Зі сталі 9XC можна виготовляти різьбовий інструмент з тонкими ріжучими кромками, свердла, розвертки.

Сталь 9ХС добре плавиться у нагрітому стані, а при загартуванні набуває високої твердості. При нагріванні в процесі різання до 300-400°С її твердість трохи знижується. Через залишковий аустеніт сталь чутлива до утворення дрібних тріщин при шліфуванні. Основна її позитивна якість - невелике короблення при гартуванні. Ця сталь йде на виготовлення різьбових калібрів, протяжок та іншого інструменту, який допускає короблення при гартуванні.

Різьбонакатувальний інструмент, плашки та ролик виготовляють з легованих хромовольфрамових сталей марок Х6ВФ, 5ХВ2С та 6ХВ2С.

**Швидкорізальні сталі**

 Швидкорізальні сталі відзначаються підвищеною стійкістю проти спрацювання та теплостійкістю до 600-620ºС. Ними можна проводити чорнову та напівчиcтову обробку зі швидкістю різання 25-45 м/хв., чистову – зі швидкістю до 60 м/хв.

Найбільш впливає на твердість швидкорізальної сталі – вуглець. Хром, додатний у кількості 4-5%, надає цим сталям кращі різальні властивості. Вольфрам підвищує теплостійкість (оптимальна при W=18-20%) та стійкість проти спрацювання сталей. Зменшення змісту вольфраму 8-9% не впливає на теплостійкість. При цьому найбільш якicний інструмент – зі сталі Р18.

Ванадій розчиняється в карбідах вольфраму, при гартуванні переходить в твердий розчин і підвищує теплостійкість сталі до 625°С. Збільшення змісту ванадію потребує пропорційного збільшення вмісту вуглецю: 1% ванадію, 0,25% вуглецю.

Кобальт підвищує теплостійкість, але спричиняє крихкість сталі та схильність до зневуглецювання.

Стійкість швидкорізальних сталей, що містять кобальт, у 2-3 рази перевищує стійкість сталі від 5 до 15%.

Найширше застосування мають швидкорізальні сталі P9 та P18, що мають однакову теплостійкість та придатні для обробки сталі, з σв до 90-100 кг/мм2, чавуну та кольорових металів.

Сталь P18 має високу теплостійкість і твердість у гарячому стані, підвищену стійкість проти спрацювання, а також добру в'язкість та задовільну здатність до шліфування.

Baнадійова сталь марки Р9Ф5 рекомендована для обробки матеріалів на основі титану, сталей середньої твердості та різних пластичних мас. Ця сталь погано шліфується.

Сталь P18Ф2 має дещо підвищену теплостійкість, стійкість проти спрацювання та твердість у гарячому стані, задовільно шліфується і може застосовуватись для різних інструментів при обробці жаростійких і нержавіючих сталей.

Кобальтові сталі Р9K5, P9К10 та Р18К5Ф2 мають підвищену теплостійкість та твердість у гарячому стані. Шліфуються вони гірше ніж P18 але краще ніж Р9Ф5, P14Ф4. Через чутливість цих сталей до зневуглецювання необхідно особливо ретельно обробляти їх термічно.

 Сталь Р9K5 придатна для роботи з ударами, тому що вона має більш високу в'язкість, ніж Р9К10, але меншу теплостійкість.

Сталь Р10К5Ф5 має високу теплостійкість, підвищену стійкість проти спрацювання та твердість у гарячому стані, але погано шліфується.

**Тверді сплави**

В сучасний час для виробництва ріжучих інструментів широко використовують тверді сплави. Вони складені з карбідів вольфраму, титана, тантала, зцементованих невеликою кількістю кобальту. Карбіди вольфраму, титана, тантала мають високу твердість та зносостійкість. Інструменти, які оснащені твердим сплавом гарно супротивляться стиранню стружки, яка сходить, і матеріалу заготовки, не втрачають своїх ріжучих властивостей при температурі нагріву 750-1100 ºС.

В залежності від хімічного складу металокерамічні тверді сплави, які застосовуються для виробництва ріжучого інструмента, розподіляються на три основні групи.

 Сплави *першої групи* виготовляють на основі карбідів вольфраму і кобальту. Вони носять назву вольфрамокобальтових. Це сплави групи ВК.

До *другої групи* належать сплави, які отримуються на основі карбідів вольфраму, титана та зв′язуючого метала (кобальт). Це двухкарбідні титановольфрамокобальтові сплави групи ТК.

*Третя група* сплавів складається з карбідів вольфраму, титана, тантала і кобальта. Це трьохкарбидні титанотанталовольфрамокобальтові сплави групи ТТК.

До однокарбідних сплавів групи ВК належать сплави ВКЗ, ВК4, ВК6 ВК8, ВК10, ВК15. Ці сплави складаються з зерен карбіду вольфраму цементованих кобальтом. У марці сплава цифра показує відсотковий зміст кобальту.

Наприклад:

сплав ВК8 містить у своєму составі 92% карбіду вольфраму і 8% кобальту.

Сплави, що розглядаються, застосовують для обробки чавуна, кольорових металів та неметалевих матеріалів. Для обробки сталевих заготовок застосовують більш зносостійкі тверді сплави групи ТК.

Сплави групи ТК (ТК30К4, ТК15К6, Т14К8, Т5К10, Т5К12) складаються з зерен твердого розчину карбіду вольфраму цементованих кобальтом. У марці сплава цифра після букви К показує відсотковий зміст кобальту, а після букви Т – відсотковий зміст карбідів титану. Так, сплав Т30К4 містить 4% кобальту, 30% карбідів титана, а останнє – карбіди вольфраму.

До сплавів групи ТТК належать ТТ7K12, TТ8К6, TT10K8Б, TT20K9. Сплав ТT7K12 містить 12% кобальту, 3% карбіду танталу і 81% карбіду вольфраму.

**Мінералокерамічні матеріали**

Виготовляють у виді пластин з Аl2O3 - пресуванням та термoобробкою НRВ 89.. 95 од. Температура різання t=1200÷1400°С. швидкість різання V=3700 м/хв. Недолік - велика хрупкість, тому їх використовують при напівчистовому та чистовому точінні, при високій жорсткості і міцності СПІД.

Найбільш розповсюджені:

ЦМ-332 - оксид Аl2O3 + оксид магнія MgО, дуже тверда σπ= 295÷370, tº до 1200, але дуже хрупка та низька мiцність на вигин.

Оксидно-біла кераміка - добре обробляє чавун.

В-3 чорна кераміка застосовується для чистового точіння сталі та високопробного чавуна.

**Абразивні матеріали**

Абразивні матеріали розподіляються на натуральні та штучні. До натуральних належать такі мінерали як кварц, наждак, корунд.

 Найбільш розповсюдженими штучними є електрокорунди, карбіди кремнію і бора.

 Електрокорунд випускають наступних видів – нормальний, білий, хромистий, титанистий, цирконієвий, моно корунд і сферо-корунд.

Нормальний містить 92-95% оксиду алюмінію і буває: 12A, 13A, 14A, 15A,16А. Зерна електрокоpyнда нормального ряду з високою твердістю мають значну в'язкість, необхідну при виконанні робіт зі змінним навантаженнями при великому тиску. Тому електрокорунд нормальний застосовують для обробки різних матеріалів підвищеної міцності: вуглецевої та легованої сталей, ковко- та високоміцного чавуна, нікелевих та алюмінієвих сплавів.

Eлектрокоpунд білий марок 22А, 23А, 24А, 25A відрізняється високим змістом оксиду алюмінію (98-99%). Він є більш твердим, має абразивну здібність та крихкість. Може бути виконано для тих самих матеріалів, що й нормальний. Але, зважаючи на його вартість, його застосовують для кінцевого та профільного шліфування.

 Електрокорунд хромистий марок 32А,33А, 34 А містить до 2% оксиду хрому Cr2О3. Застосовують електрокорунд хромистий для круглого шліфування виробів з конструкційних та вуглецевих сталей при інтенсивних режимах.

Електрокорунд титанистий марки 37A містить оксид титану ТiО2. Він використовується в умовах важких та нерівномірних навантажень. Застосовується електрокорунд на операціях попереднього шліфування зі збільшеним зніманням металу.

Eлeктpoкорунд цирконієвий марки 38А містить оксид цирконія. Він має високу міцність та застосовується для обдирних робіт з великими питомими тисками різання.

Монокорунд марок 43А, 44А, 45A припускається для шліфування важкообробляємих сталей та сплавів, для прецизійного шліфування складних профілів та для сухого шліфування ріжучого інструмента.

Абразивні матеріали характеризуються такими властивостями, як форма абразивних зерен, зернистість, твердість, механічна міцність, абразивна здібність зерен.

**Алмаз**

Алмаз – самий твердий з усіх матеріалів, малоактивний, не підлеглий дії лугів та кислот, має невеликий коефіцієнт тертя та слабку здібність до адгезії. Має високу теплостійкість до 850ºС, високу зносостійкість.

Недоліки: хрупкість, висока вартість.

Синтетичні алмази отримують з графіта при високому тиску та температурі, отримані кристали алмаза дрібнять у порошок.

Алмазний порошок використовують для виготовлення алмазно-абразивного інструмента (кругів, дисків, брусків, надфилів, хонів, паст), а також для шліфування та доводки коштовних камінь.

Алмазні різці застосовують в якості чистового інструмента при різанні кольорових металів, сплавів.

Несправжні матеріали: КНБ (кубічний нітрид бора). Ельбор має високу твердість, не втрачає своїх ріжучих властивостей при нагріванні до 1500-1600ºС.

Ельбор - новий зверхтвeрдий синтетичний матеріал, складений на основі нітриду бора. Він володіє великою твердістю до 9400 кгс/мм2, високою теплостійкістю до 1400ºС. Інструмент, виготовлений з eльбора, має високу зносостійкість. Ельбор використовують у вигляді порошку для виготовлення шліфувальних кругів та іншого абразивного інструмента.

Ельбор-Р (пoлiкристалічний) використовують для виготовлення різців, торцевих фрез та іншого ріжучого інструмента.

Новий матеріал слiніт-Р (нітpід кремнія) має велику міцність, використовується при точінні та фрезеруванні чавуна.

**Конструкційні сталі**

У збірного інструмента корпус виготовляється з конструкційних сталей марок: 45, 50, 60, 40Х, 45Х, У7, У8, 9XC. Частіше використовують сталь 45, з якої виготовляють державки різців, хвостовики свердел, зенкерів, розгорток, мітчиків.

Для виготовлення корпусів інструментів, працюючих у важких умовах, застосовують сталь 40Х. Ця сталь після загартування у маслі та відпуска забезпечує зберігання точності пазів, в які встановлюються ножі.

Сталь 9XC застосовується для свердел тоді, коли направляючі стрічки у процесі роботи стикуються з поверхнею отвору, що обробляється та швидко зношуються. Корпуси алмазних кругів можуть виготовлятись з алюмінієвих сплавів.