**Практична робота № 13**

**Інструментальні сталі і їх призначення**

**Мета роботи:** вивчення структури, властивостей, способів термічної обробки інструментальних сталей і області їх застосування.

**Теоретичні відомості**

1. Сталі для ріжучого інструменту.

Інструментальна сталь повинна володіти високою твердістю, зносостійкістю, достатньою міцністю і в’язкістю (для інструментів ударної дії).

Ріжучі кромки можуть нагріватися до температури 500…900 °С, тому важливою властивістю є теплостійкість, тобто здатність зберігати високу твердість і ріжучу здатність при тривалому нагріві (червоностійсть).

2. Вуглецеві інструментальні сталі (ГОСТ 1435).

Містять 0,65…1,35% вуглецю. Сталі У7…У13А – володіють високою твердістю, добре шліфуються, дешеві і недефіцитні.

Із сталей марок У7, У8А виготовляють інструмент для роботи по дереву і інструмент ударної дії, коли вимагається підвищена в’язкість – пуансони, зубила, штампи, молотки.

Сталі марок У9…У12 володіють більш високою твердістю і зносостійкістю – використовуються для виготовлення свердел, мітчиків, фрез.

Сталь У13 володіє максимальною твердістю, використовується для виготовлення напилків, граверного інструменту.

Для зниження твердості і створення сприятливої структури, всі інструментальні сталі до виготовлення інструменту піддають відпалу.

Для заевтектоїдних сталей проводять сфероїдизуючий відпал, в результаті якого цементит вторинний набуває зернисту форму. Регулюючи швидкість охолоджування можна отримати будь-який розмір зерен.

Заключна термічна обробка – гартування з наступним відпуском.

Гартування для доевтектоїдних сталей проводять повне, а для заевтектоїдних – неповне. Структура загартованих сталей або мартенсит, або мартенсит і карбіди.

Температура відпуску вибирається залежно від твердості, необхідної для інструменту.

Для інструментів ударної дії, що вимагають підвищеної в’язкості, із сталей У7, У8 відпуск проводять при температурі 280…300 °С, що забезпечує твердість HRC 56…58.

Для напилків, мітчиків, плашок відпуск проводять при температурі 150…200 °С, при цьому забезпечується отримання максимальної твердості — НRC 62…64.

Основними недоліками вуглецевих інструментальних сталей є їх невисоке прожарювання (5…10 мм), низька теплостійкість (до 200 °С), тобто інструменти можуть працювати тільки при невисоких швидкостях різання.

3. Леговані інструментальні сталі

Містять 0,9…1,4 % вуглецю. Легуючими елементами є хром, вольфрам, ванадій, марганець, кремній і інші. Загальний вміст легуючих елементів до 5%.

Висока твердість і зносостійкість в основному визначаються високим вмістом вуглецю. Легування використовується для підвищення гартування і прожарювання, збереження дрібного зерна, підвищення міцності і в’язкості.

Термічна обробка включає гартування і відпуск.

Проводять гартування з температури 800…850 °С в маслі або ступінчасте гартування, що зменшує можливість викривлення і утворення гартівних тріщин.

Відпуск проводять низькотемпературний, при температурі 150…200 °С, що забезпечує твердість HRC 61…66. Іноді, для збільшення в’язкості, температуру відпуску збільшують до 300 °С, але при цьому спостерігається зниження твердості HRC 55…60.

Для деревообробного інструменту із сталей 6ХС і 9ХФ рекомендується ізотермічне гартування, яке значно поліпшує в’язкість.

Підвищений вміст кремнію (сталь 9ХС) сприяє збільшенню прожарюванyz до 40 мм і підвищенню стійкості мартенсbту при відпусre. Недоліками сталей, що містять кремній, є чутливість їх до зневуглецювання при термообробці, погана оброблювана різанням і деформацією через зміцнення фериту кремнієм.

Підвищений вміст марганцю (сталі ХВГ, 9ХВСГ) сприяє збільшенню кількості залишкового аустеніту, що зменшує деформацію інструменту при гартуванні. Це особливо важливо для інструменту, що має велику довжину при малому діаметрі, наприклад, протяжок.

Хром збільшує прожарювання і твердість після гартування.

Сталі використовуються для виготовлення інструменту і ударного, і ріжучого.

“Алмазна ” сталь ХВ5 містить 5% вольфраму. Завдяки присутності вольфраму, в термічно обробленому стані має надмірну дрібнодисперсну фазу карбіду. Твердість складає HRC 65…67. Сталь використовується для виготовлення інструменту, що зберігає тривалий час гостру ріжучу кромку і високу розмірну точність (розгортки, різці фасонів, граверний інструмент).

4. Швидкорізальні сталі

Сталі отримали свою назву за властивостями. Внаслідок високої теплостійкості (550…650 °С), виготовлені з них інструменти можуть працювати з достатньо високими швидкостями різання.

Сталі містять 0,7…1,5 % вуглецю, до 18 % основного легуючого елемента – вольфраму, до 5 % хрому і молібдену, до 10 % кобальту

Додавання ванадію підвищує зносостійкість інструменту, але погіршує здатність до щліфування. Кобальт підвищує теплостійкість до 650°С і твердість HRC 67…70.

Мікроструктура швидкорізальної сталі в литому стані має евтектичну структурну складову. Для отримання оптимальних властивостей інструментів з швидкорізальної сталі необхідно по можливості усунути структурну неоднорідність сталі – карбід ліквації. Для цього виливки з швидкорізальної сталі піддаються інтенсивній пластичній деформації (куванню). При цьому відбувається дроблення карбідів евтектики і досягається більш однорідний розподіл карбідів по перетину заготовки.

Потім проводять відпал сталі при температурі 860…900 °С. Структура відпаленої швидкорізальної сталі – дрібнозернистий (сорбітоподібний) перліт і карбіди, дрібні евтектоїдні і більш крупні первинні. Кількість карбідів близько 25 %. Сталь з такою структурою добре обробляється різанням. Переважна кількість легуючих елементів знаходяться у фазі карбіду. Для отримання оптимальних властивостей сталі в готовому інструменті необхідно при термічній обробці забезпечити максимальне насичення мартенситу легуючими елементами. При гартуванні швидкорізальні сталі вимагають нагріву до дуже високих температур, біля 1280 °С. Нагрів здійснюють в добре розкислюючих соляних ваннах BaCl2, що поліпшує рівномірність прогрівання і знижує можливість зневуглецювання поверхні. Для зниження термічних фазових напруг нагрів здійснюють ступінчасто: уповільнюють нагрів при температурах 600…650 °С і при 850…900 °С. Графік режиму термічної обробки швидкорізальної сталі уявлений на рис. 1.



Рис. 1. Графік режиму термічної обробки швидкорізальної сталі

Охолодження від гартівної температури проводять в маслі. Структура сталі після гартування складається з легованого, дуже тонкодисперсного мартенситу, значної кількості (30…40 %) залишкового аустеніту і карбідів вольфраму. Твердість складає 60…62 HRC. Наявність аустеніту залишкового в структурі загартованої сталі погіршує ріжучі властивості.

Для максимального видалення аустеніту залишкового проводять трьохразовий відпуск при температурі 560 °С. При нагріві під відпуск вище 400 °С спостерігається збільшення твердості. Це пояснюється тим, що з легованого залишкового аустеніту виділяються леговані карбіди. Аустеніт при охолоджуванні від температури відпуску перетворюється на мартенсит відпуску, що викликає приріст твердості. Максимальна твердість досягається при температурі відпуску 560 °С.

Після відпустки кількість аустеніту залишкового знижується до 10%. Щоб зменшити його кількість до мінімуму, необхідна трьохразоваий відпуск.

Твердість сталі після відпуску складає 64…65 HRC. Структура сталі після термообробки складається з мартенситу відпуску і карбідів.

При термічній обробці швидкорізальних сталей застосовують обробку холодом. Після гартування сталь охолоджують до температури — 80 …100 °С, після цього проводять відпуск при температурі 560 °С для зняття напруги.

Іноді для підвищення зносостійкості швидкорізальних сталей застосовують низькотемпературне ціанування.

Основними видами ріжучих інструментів з швидкорізальної сталі є різці, свердла, протяжки, мітчики машинні, ножі для різання паперу. Часто з швидкорізальної сталі виготовляють тільки робочу частину інструменту.

5. Сталі для вимірювальних інструментів.

Основними вимогами, що ставляться до сталей, з яких виготовляються вимірювальні інструменти, є висока твердість і зносостійкість, стабільність в розмірах протягом довгого часу. Остання вимога забезпечується мінімальним температурним коефіцієнтом лінійного розширення і зведенням до мінімуму структурних перетворень в часі.

Для виготовлення вимірювальних інструментів застосовуються:

- високовуглецеві інструментальні сталі, леговані і вуглецеві (сталі У12, Х, Х9, ХГ), після гартування і стабілізуючої низькотемпературної (120…170 °С ) відпуску протягом 10…30 год. До відпуску бажано провести обробку холодом. Одержують твердість 62…67 HRC;

- маловуглецеві сталі (сталь 15, 20) після цементації і загартування з низьким відпуском;

- нітралої (сталь 38ХМЮА) після азотування на високу твердість

6. Штампові сталі.

Інструмент, який використовується для обробки металів тиском (штампи, пуансони, матриці) виготовляють з штампових сталей.

Розрізняють сталі для штампів холодної і гарячої деформації.

6.1. Стал для штампів холодної деформації.

Сталі повинні володіти високою твердістю, зносостійкістю, міцністю, в'язкістю (щоб сприймати ударні навантаження), опором пластичним деформаціям.

Для штампів невеликих розмірів (до 25 мм) використовують вуглецеві інструментальні сталі У10, У11, У12 після гартування і низького відпуску на твердість 57…59 HRC. Це дозволяє отримати добру зносостійкість і ударну в’язкість.

Для більш крупних виробів застосовують леговані сталі Х, Х9, Х6ВФ. Для підвищення зносостійкості інструменту після термічної обробки проводять ціанування або хромування робочих поверхонь.

Для зменшення браку при гартуванні необхідне повільне охолоджування в області температур мартенситного перетворення (наприклад, гартування з води в масло для вуглецевих сталей, ступінчасте гартування для легованих сталей).

Якщо штамповий інструмент випробовує ударні навантаження, то використовують сталі, володіючі більшою в’язкістю (сталі 4ХС4, 5ХНМ). Це досягається зниженням вмісту вуглецю, введенням легуючих елементів і відповідною термічною обробкою. Після гартування проводять високий відпуск при температурі 480…580 °С, що забезпечує твердість 38…45 HRC.

6.2. Сталі для штампів гарячої деформації.

Додатково до загальних вимог, від сталей цієї групи вимагається стійкість проти утворення тріщин при багаторазовому нагріванні і охолодженні, окалиностійкість, висока теплопровідність для відведення теплоти від робочих поверхонь штампу, високаепрожарювання для забезпечення високої міцності по всьому перетину інструменту.

Для виготовлення молотових штампів застосовують середньовуглецеві сталі 5ХНМ, 5ХНВ, 4ХСМФ. Вольфрам і молібден додають для зниження схильності до відпускної крихкості. Після термічної обробки, що включає гартування з температури 760…820 °С і відпуску при 460…540°С, сталь має структуру – сорбіт або троостит і сорбіт відпуску. Твердість 40…45 HRC.

Штампи гарячого пресування працюють в більш важких умовах. Для їх виготовлення застосовуються сталі підвищеної теплостійкості. Сталь 3Х2В8Ф зберігає теплостійкість до 650 °С, але наявність карбідів вольфраму знижує в’язкість. Сталь 4Х5В2ФС має високу в’язкість. Підвищений вміст хрому і кремнію значно збільшує окалиностійкість сталі.

7. Тверді сплави.

Як матеріалів для інструментів використовуються *тверді сплави,* які складаються з твердих карбідів і зв’язуючої фази. Вони виготовляються методами порошкової металургії.

Характерною особливістю твердих сплавів є дуже висока твердість 87…92 HRC при достатньо високій міцності. Твердість і міцність залежать від кількості зв’язуючої фази (кобальту) і величини зерен карбідів. Чим крупніше зерно карбідів, тим вище міцність. Тверді сплави відрізняються великою зносостійкістю і теплостійкістю. Основними твердими сплавами є групи ВК (WC + Co), TK (WC + TiC + Co), TTK (WC + TiC + TaC + Co). Найбільш поширеними сплавами групи ВК це сплави марок ВК3, ВК6, ВК8, ВК20, де число показує вміст кобальту у відсотках, інше – карбіди вольфраму WC. Сплави групи ТК марок Т30К6, Т14К8 – перше число показує вміст карбідів титана у відсотках, другий – вміст кобальту у відсотках. Сплаи цієї групи краще протистоять зношуванню, володіють більшою твердістю, тепло- і жаростійкістю, стійкістю до корозії, але меншою теплопровідністю і більшою крихкістю. Використовуються на середніх і високих швидкостях різання.

Сплави з малою кількістю кобальту володіють підвищеною твердістю і зносостійкістю, але мінімальною міцністю, Тому їх використовують для чистового точіння (ВК3, Т30К4).

Сплави з підвищеним вмістом кобальту використовують для чорнового точіння (ВК8, Т14К8).

Сплав ВК20 використовують для армування штампів, що підвищує їх зносостійкість.

Зносостійкість інструментів з твердих сплавів перевищує зносостійкість інструментів з швидкорізальних сталей в 10…20 раз і зберігається до температур 800…1000 °С.

8. Алмаз як матеріал для виготовлення інструментів.

80 % природних алмазів видобувпється, і всі синтетичні алмази використовуються як інструментальних матеріалів.

Основна кількість алмазів використовується у вигляді алмазного порошку для виготовлення алмазно-абразивного інструменту – шліфувальних кругів, притиров, надфілів і ін., для обробки особливо твердих металів і гірських порід. Велике значення мають заточувальні круги для твердосплавного інструменту, це збільшує продуктивність праці і термін служби інструменту. Підвищення стійкості твердосплавного інструменту забезпечується високою чистотою (відсутність дрібних тріщин) леза інструменту.

Алмазний інструмент виготовляється у вигляді алмазовміщуючих кругів з бакелітовою або металевою зв’язкою.

Також виготовляють алмазні різці (для обробки корпусів годинника), фільєри (для волочіння дроту з високотвердих і дорогоцінних металів) і ін.