

# ВПЛИВ ГЛИБОКОГО ОХОЛОДЖЕННЯ НА СТІЙКІСТЬ РІЖУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ

**Ошовський Віктор Якович,**

к. т. н., доцент

Первомайська філія

Національного університету кораблебудування

імені адмірала Макарова

м. Первомайськ, Україна

**Вступ./Introduction.** В технологічних процесах виготовлення деталей машин для обробки різанням широко використовують інструменти з швидкоріжучих сталей, які мають високу теплостійкість, а тому дозволяють виконувати обробку при високих швидкостях.

Важливою характеристикою для ріжучого інструменту є «стійкість» проти спрацювання, за яку прийнято вважати час безперервної його роботи при постійних режимах різання від заточування до переточування.

У процесі різання відбувається складна взаємодія різального інструменту й оброблюваного матеріалу, у результаті чого інструмент спрацьовується.

Стійкість залежить від спрацювання інструмента при терті стружки об передню поверхню робочої його частини та терті заготовки об задню поверхню.

Спрацювання залежить від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, температури різання, режимів різання і т.п.

Але основним фактором, що впливає на стійкість є міцність, твердість і зносостійкість матеріалу робочої частини ріжучого інструменту, які визначаються технологічними методами термічної обробки.

Одним з методів підвищення стійкості ріжучих інструментів є введення в термообробку глибокого охолодження.

При виготовленні машин обробка ріжучим інструментом в середньому досягає до 30% вартості деталей. Тому підвищення стійкості інструменту проти спрацювання є важливим напрямом досліджень в технологіях

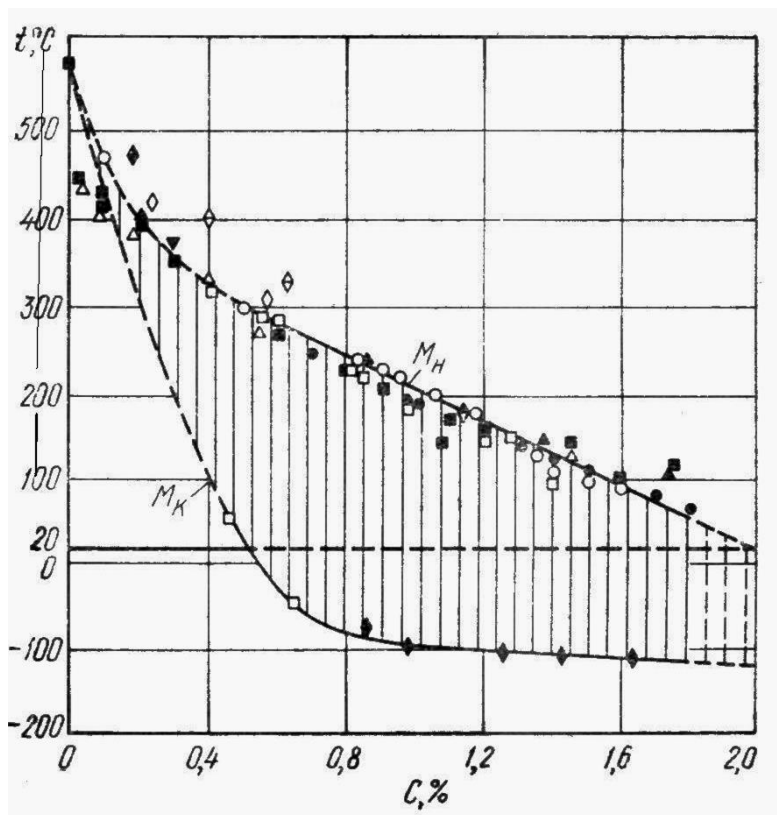
машинобудування, який сприятиме підвищенню продуктивності обробки і зменшенню вартості виготовлення машин.

**Мета роботи./Aim.** Аналіз впливу процесу глибокого охолодження, введеного в технологічний процес термічної обробки ріжучого інструменту на підвищення його стійкості.

**Матеріали і методи./ Materials and methods.** Властивості матеріалу різальної частини інструменту залежать не тільки від його складу, а й від мікроструктури, яку можна змінювати операціями термічної обробки. Тому удосконаленням термічної обробки можна підвищити механічні властивості ріжучого інструменту, в тому числі стійкість проти спрацювання.

Для підвищення ріжучих властивостей інструмента, наприклад з швидкоріжучої сталі Р6М5, при звичайній термічній обробці виконують гартування та трикратне відпускання, що не дає можливості отримати максимальну твердість та стійкість, а також займає багато часу на трикратний нагрів і охолодження при відпусканні [1, 2, 3, 4]. Так, при цій термообробці для гартування ріжучий інструмент з швидкоріжучої сталі Р6М5, нагрівають до температури 1280°C для утворення в її структурі аустеніту – твердого розчину вуглецю та легуючих елементів в  $\gamma$ -Fe. Елементарна комірка  $\gamma$ -Fe – гранецетрована кубічна, містить 14 атомів заліза. Далі сталь охолоджують швидко, в маслі. При охолодженні залізо змінює свою алотропну форму, тобто  $\gamma$ -Fe перетворюється в  $\alpha$ -Fe, яке має кубічну об'ємноцентровану решітку. Якби охолодження було повільним, то в елементарній комірці при перетворенні решітки залишилось би дев'ять атомів заліза, а лишні атоми вуглецю шляхом дифузії звільнили б елементарні комірки залізі і утворили хімічну сполуку – карбід заліза. При швидкому ж охолодженні атоми вуглецю не встигають покинути решітку заліза, в результаті чого решітка при переході з  $\gamma$ -Fe в  $\alpha$ -Fe спотворюється. Утворена мікроструктура з залишковими атомами заліза - мартенсит являє собою пересичений твердий розчин вуглецю в  $\alpha$ -Fe надає сталі високої твердості та міцності.

Таким чином мета гартування – перетворення аустеніту в мартенсит. Але кожна сталь в цьому процесі має певні критичні точки -температури початку і кінця (нижча) мартенситного перетворення, які залежать від складу сталі. При підвищенні кількості більше 05%С, а також при підвищеному вмісті Mn, Cr, Ni та інших легуючих елементів температура кінця мартенситного перетворення понижується значно нижче 20 °С [1, 4, 5, 6]. На рис. 1 приведена мартенситна діаграма [1] за даними багатьох дослідників, яка показує залежність початку ( $M_H$ ) і кінця  $M_K$  мартенситного перетворення від вмісту вуглецю в сталі.



**Рис. 1. Мартенситна діаграма**

В сталі Р6М5 міститься в середньому 0,86%С. Таким чином температура кінця мартенситного перетворення  $M_K$  за діаграмою (рис. 1) складає -90°С. При охолодженні до температури +20°С в сталі залишається близько 30% аустеніту. Тобто для того щоб завершити перетворення аустеніта в мартенсит треба стальний виріб після гартування охолодити до температури нижче -90°С.

В звичайних умовах щоб зменшити кількість аустеніту стальні інструменти трикратно відпускають. Це зменшує стійкість інструменту та його

міцність і ряд інших властивостей, також значно збільшує тривалість циклу термічної обробки та витрати електроенергії.

Щоб завершити перетворення аустеніту в мартенсит необхідно при гартуванні після охолодження до температури навколишнього середовища (+20°C) охолодити ріжучий інструмент з швидкоріжучої сталі до температури  $M_K$ , яка складає, наприклад для сталі Р6М5 близько -90°C.

Окрім того слід відзначити, що принципова відмінність швидкорізальних сталей від вуглецевих і низьколегованих інструментальних - теплостійкість. Швидкорізальної сталі зберігають високу твердість при нагріванні до температур понад 600°C. Висока теплостійкість сталей досягається за рахунок усунення причин, що викликають знеміцнення вуглецевих і низьколегованих інструментальних сталей при нагріванні - розпаду мартенситу і коагуляції карбідів.

Як легуючі компоненти в швидкоріжучих сталях використовуються сильні карбідоутворюючі компоненти, що утворюють власні карбіди. Основні легуючі компоненти швидкорізальної сталі Р6М5 - це вольфрам (6%) і молібден (5%), що є хімічним аналогом вольфраму. До складу сталей також обов'язково входять хром для підвищення прогартуваності і ванадій для збереження дрібного зерна аустеніту при гартуванні.

Розпад мартенситу забезпечується високим рівнем легування твердого розчину, в якому утруднена дифузія вуглецю, тому розпад мартенситу відбувається при більш високих температурах. Високе легування твердого розчину забезпечується термічною обробкою, при якій відбувається розчинення спеціальних карбідів в твердому розчині.

Високу стійкість проти коагуляції при нагріванні у відзнаку від карбіду вуглецю (цементиту) мають карбідні фази вольфраму та молібдену.

Склад і термічна обробка сталі безпосередньо впливають на стійкість та інші властивості ріжучого інструменту.

За складом Р6М5 відноситься швидкоріжучих сталей помірної теплостійкості і зберігає твердість 60HRC після нагріву до 615...620°C. Вона

придатна для різання чавунів і сталей з твердістю до 250...280НВ, тобто більшості конструкційних матеріалів, і найбільш широко використовуються (78...80% від загального виробництва швидкорізальних сталей).

P6M5 може працювати при нагріванні до 580...600°C, з великими подачами в умовах підвищених механічних і ударних навантажень. З сталі P6M5 виготовляють різці, черв'ячні фрези, свердла, протяжки, машинні мітчики.

**Результати і обговорення./Results and discussion.** Таким чином, щоб отримати найвищі твердість, теплостійкість і стабільність розмірів інструменту, його необхідно після звичайного гартування доохолодити до температури близько -90°C, тобто виконати процес глибокого охолодження.

Для промислового виробництва можна використати установки глибокого охолодження [7, 8] або зріджений азот. У індивідуальному виробництві можна отримати, наприклад, охолодження до -75°C використання сумішей сухого льоду зі спиртом або ацетоном [6].

Найбільш перспективно використовувати повітряні холодильні машини, які дозволяють отримувати температури охолодження до -80°C в широкому діапазоні потужностей.

Охолодження дрібного інструмента можна виконувати способами, які використовуються в медицині [9] та в мікрокриогенній техніці [10].

Експериментально встановлені такі закономірності термообробки з використанням глибокого охолодження швидкоріжучих сталей [5].

При підвищенні температури гартування в сталі збільшується кількість залишкового аустеніта, він менше стабілізується до охолодження, але обробку холодом потрібно проводити до нижчої температури.

При зниженні температури гартування залишковий аустеніт більше стабілізується, тому необхідно якомога скорочувати витримку між високотемпературним і низькотемпературним процесами охолодження.

Повторне охолодження, а також збільшення тривалості охолодження не впливають на результати обробки.

Після глибокого охолодження необхідне однократне відпускання при температурі всього 250°C, а не 550°C, як при трикратному відпусканні. Причому така термообробка дає більшу твердість і стійкість, чим звичайна термообробка.

Так, стійкість фрез з швидкоріжучої сталі обробленої холодом та однократним відпусканням на 46% вище чим таких же фрез після охолодження в маслі та трикратного відпускання.

Експериментальні дослідження багатьох авторів [5, 11, 12] підтверджують значне підвищення зносостійкості зразків інструментальних сталей оброблених з використанням глибокого охолодження порівняно з традиційними методами термообробки – гартуванням і трикратним відпусканням.

Тому підвищення ресурсу інструменту сприятиме підвищенню продуктивності обробки і зменшенню вартості виготовлення машин.

**Висновки./Conclusions.** Таким чином обробкою загартованих інструментальних сталей глибоким охолодженням можна значно підвищити стійкість і ресурс ріжучих інструментів – фрез, протяжок, свердел, зенкерів та інших, що може значно підвищити ефективність технологій обробки в машинобудуванні.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Гуляев А.П. Металловедение.– М.: Металлургия, 1978.- 648 с.
2. Курдюмов Г.В., Утевский Л. М., Энтин Р.И. Превращения в железе и стали. - М.: Наука, 1977. - 238 с.
3. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. – М.: Металлургия, 1978. – 392 с.
4. Попов А. А., Попова Л. Е. Изотермические и термокинетические диаграммы распада переохлажденного аустенита: справочник термиста. - М.: Металлургия, 1965. - 500 с.

5. Кліменко А.П. Холод в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1969. – 248 с.
6. Болховитинов Н.Ф. Металловедение и термическая обработка. – М.: Машиностроение, 1965. – 504 с.
7. Герш С.Я. Глубокое охлаждение, ч. II: конструкции машин и аппаратов, тепловые расчёты, описание установок глубокого охлаждения. – М.: Госенергоиздат, 1960. – 495 с.
8. Установки, машины и аппараты криогенной техники: атлас конструкций: ч.1/Под ред. И.П.Усюкина. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 172с.
9. Веркин Б.И. Криогенная техника. – К.: Наук. Думка, 1985. – 184 с.
10. Грезин А.К., Зиновьев В.С. Микроркриогенная техника. – М.: Машиностроение, 1977. – 232 с.
11. Кокорин Н. А., Тарасов В.В., Михайлов Ю.О., Трифонов И.С. Криогенное воздействие – фактор повышения ресурса инструмента из быстрорежущей стали // Химическая фізика и мезоскопия. 2017. Т.19. №2. С. 270-277.
12. Михайлов Ю.О., Кокорин Н.А., Тарасов В.В., Князев С.Н., Трифонов И.С. Криогенное упрочнение для повышения эффективности технологий обработки інструмента из стали X12МФ // Вестник ИжГТУ шимени М.Т.Калашникова. 2017. Т.20. №4. – С. 23-25.