

Фазово-структурний стан сталі 40X3H5M3Ф в процесі перекристалізації

О. М. Сидорчук

Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України,
Київ, e-mail: sidor_o@bigmir.net

Досліджено фазово-структурний стан сталі 40X3H5M3Ф в процесі перекристалізації. Встановлено критичні точки (A_1 , A_3) та рекомендований режим термічної обробки сталі, що сприяє полегшенню обробки різання заготовок для виготовлення матриць штампного інструмента.

Ключові слова: сталь, структура, фаза, термічна обробка, штампний інструмент.

Для виготовлення матриць для гарячого пресування мідних сплавів використовують штампні сталі з регульованим аустенітним перетворенням [1], які в процесі експлуатації за робочих температур вище 700 °С є більш стійкими у порівнянні зі сталями на феритній основі (4X4BMФС, 5X3B3MФС і т. д.). Додаткове введення легуючого компонента (наприклад, нікелю) до сталі на феритній основі зумовлює зниження критичної точки A_1 [2]. При розширенні області γ -Fe в сталі у вихідному стані і при нагріванні її до температур, за якими відбувається $\alpha \rightarrow \gamma$ -перетворення, зберігається аустенітна структура впродовж усього періоду високотемпературної експлуатації інструмента. В роботах О. Д. Озерського [1, 3] показано, що після відпалу сталь 40X3H5M3Ф погано піддається обробці різанням для виготовлення матриць штампного інструмента. Тому метою роботи є покращення механічних властивостей термообробленої сталі.

Дослідження методом електронної мікроскопії литої структури сталі 40X3H5M3Ф, одержаної електрошлаковим литтям [4], показало рівномірний розподіл легуючих елементів хрому, молібдену, нікелю та ванадію по тілу зерен. Така структура та розподіл елементів є наслідком високої швидкості кристалізації розплаву. Такий процес приводить до виникнення значної кількості центрів кристалізації і, таким чином, запобігає утворенню карбідної евтектики грубої форми. В результаті утворення мартенситної структури твердість одержаної штампної сталі в литому стані становить більше 50 HRC. Висока твердість сталі призводить до ускладнень при її подальшій механічній обробці (а саме при виготовленні матриці гарячого деформування). Тому перед механічною обробкою необхідно проводити заходи по зменшенню її твердості, що потребує розробки певного режиму відпалу заготовки. Виготовлення штампного інструмента потребує обробки заготовки різанням для надання необхідної форми та розмірів. Механічну обробку різанням деталей найкраще проводити при низькій твердості матеріалу, що дозволить застосовувати звичайний різальний інструмент, високі подачу та швидкості різання. Як правило, для конструкційної легованої сталі перед механічною обробкою твердість повинна становити менше 30 HRC.

© О. М. Сидорчук, 2013

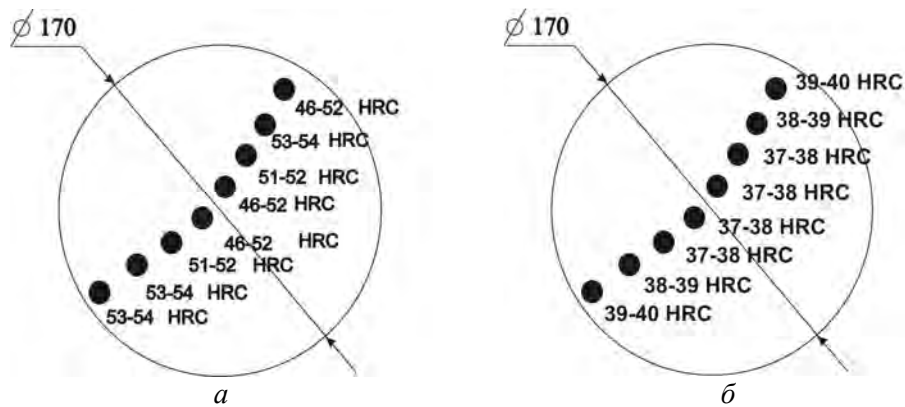


Рис. 1. Перерозподілення твердості по поверхні матриці зі сталі 40X3H5M3Ф: *a* — литий стан; *б* — після повного відпалу за 860 °С та відпуску при 680 °С.

Застосування повного відпалу, що було запропоновано О. Д. Озерським [3], не є оптимальним для підготовки структури металу до механічної обробки різанням заготовок у вигляді матриць. Твердість сталі в литому стані по перетину заготовки становить 46—54 HRC (рис. 1, *a*), а після повного відпалу за температурами нагріву 860 °С та відпуску 680 °С вона перевищує 30 HRC (рис. 1, *б*). Крім високої твердості, матеріал має також несприятливу для різання структуру з пластинчастою карбідною складовою (рис. 2, *a*). Тому було запропоновано проводити неповний відпал сталі з метою одержання сфероїдизуючої карбідної складової перлітосорбітної структури та зниження твердості. Для цього необхідно встановити критичні точки A_1 та A_3 для сталі 40X3H5M3Ф, щоб забезпечити оптимальний режим термічної обробки (неповний відпал).

Для встановлення критичних точок A_1 та A_3 штампової сталі 40X3H5M3Ф проводили дилатометричний аналіз [5]. У даному експерименті використовували каток діаметром 0,55 мм і дослідження здійснювали на повітрі в діапазоні температур 20—950 °С. Швидкість нагріву складала 10 °С/хв, швидкість охолодження з 950 до 600 °С — 20 °С/хв та з 600 до 20 °С — 10—5 °С/хв. За результатами дослідження встановлено критичні точки сталі: $A_1 = 700$ °С та $A_3 = 850$ °С (рис. 3), що дає можливість рекомендувати проведення неповного відпалу за температурою 760 ± 20 °С.

При неповному відпалі штампової сталі її твердість становила менше 30 HRC. Термічну обробку штампової сталі здійснювали в електричній

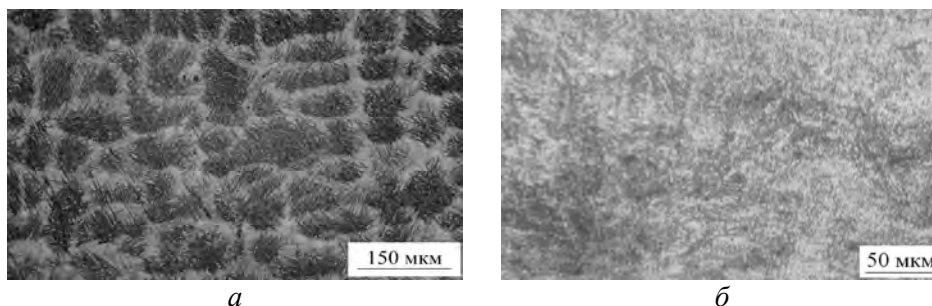


Рис. 2. Мікроструктура сталі 40X3H5M3Ф, одержаної електрошлаковим литтям: *a* — після повного відпалу за 860 °С та відпуску при 680 °С; *б* — після неповного відпалу за 760 ± 20 °С.

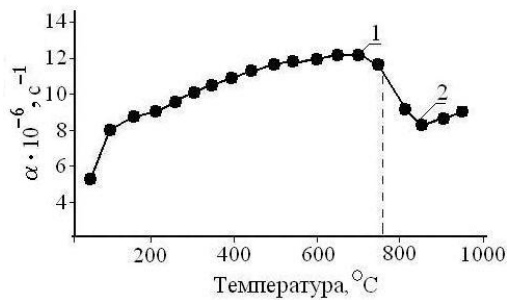


Рис. 3. Залежність коефіцієнта термічного розширення α сталі 40X3H5M3Ф від температури: 1, 2 — критичні точки A_1 та A_3 .

печі СНОЛ–1,6.2,5.1/11-ИЗ з використанням хромель-алюмелевої термопарі. При дослідженні фазово-структурного стану сталі після термічної обробки виявлено перлітосорбітну структуру із сфероїдизуючою карбідною складовою (карбід хрому $Cr_{23}C_6$ та карбід ванадію VC) (рис. 2, б). Визначення фазово-структурного складу сталі проводили на приладі ДРОН-3М у кобальтовому K_α -випромінюванні.

Таким чином, зниження твердості штампової сталі 40X3H5M3Ф до 30 HRC відбулось внаслідок перекристалізації при проведенні термічної обробки (неповного відпалу), що дозволило покращити механічну обробку різанням матеріалу при виготовленні матриць штампового інструмента.

1. Позняк Л. А. Инструментальные стали. — К. : Наук. думка, 1996. — 488 с.
2. Лахтин Ю. М. Материаловедение / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. — М. : Машиностроение, 1990. — 137 с.
3. Озерский А. Д. О выборе стали для матриц горячего прессования медных сплавов / А. Д. Озерский, А. А. Кругляков, А. Н. Данилов // Цветные металлы. — 1981. — № 8. — С. 83—84.
4. Гогаев К. О. Штамповая сталь для горячего деформирования с регулируемым аустенитным перетворением / [К. О. Гогаев, О. М. Сидорчук, О. К. Радченко та ін.] // Металознавство та обробка металів. — 2014. — № 1. — С. 12—15.
5. Шурип А. К. Дифференциальный высокочувствительный dilatометр с нагревом в инертной среде // Вопросы физики металлов и металловедения. — К. : АН УССР. — 1964. — № 18. — С. 222—225.

Фазово-структурное состояние стали 40X3H5M3Ф в процессе перекристаллизации

О. Н. Сидорчук

Исследовано фазово-структурное состояние стали 40X3H5M3Ф в процессе перекристаллизации. Установлены критические точки (A_1 , A_3) и рекомендован режим термической обработки стали, способствующий облегчению обработки резки заготовок для изготовления матриц штампового инструмента.

Ключевые слова: сталь, структура, фаза, термическая обработка, штамповый инструмент.

Phase-structural state of steel 40X3H5M3Ф during recrystallization

O. M. Sydorchuk

The phase-structural state of steel 40H3N5M3F during recrystallization. Determined the critical points (A_1 , A_3) and the recommended heat treatment of steel, which makes it easier for processing workpieces for manufacturing matrix stamping tool.

Keywords: steel, structure, phase, heat treatment, stamping tool.