

УДК 621.986

**Л.М. Данильченко, канд. техн. наук, доц.; М.Д. Радик**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОСОБЛИВОСТІ НАГРІВАННЯ ЛИСТОВИХ ЗАГОТОВОК В ПРОЦЕСАХ ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ**

**L. Danylchenko, Ph.D.; Assoc. Prof.; M. Radyk**

## **FEATURES OF HEATING OF SHEET BLANKS IN PROCESSES OF PLASTIC DEFORMATION**

В процесі пластичного деформування листового матеріалу доводиться вирішувати наступні основні завдання:

- перетворення литої структури металу у волокнисту (в разі деформування литого металу);
- надання заготовці заданої форми і розмірів;
- отримання оптимальної зернистості металу при мінімальних залишкових напруженнях.

Теплова дія на листовий матеріал приводить до наступних позитивних явищ:

- втраті пружних властивостей і значному зменшенню опору деформуванню;
- зняттю залишкових напружень;
- кристалізації і розчинення карбідів, що сприяє прискоренню дифузійних і релаксаційних процесів.

До найбільш шкідливих явищ, викликаних нагріванням, відносяться окалиноутворення, знеуглецювання, перегрів матеріалу. При неправильному веденні процесу нагрівання відбувається перепал металу, утворення тріщин унаслідок присутності напружень розтягу. Особливо небезпечним в цьому відношенні є процес охолодження матеріалу.

Оптимальний термічний режим пластичного деформування має бути таким, щоб забезпечувати необхідні умови для успішного проведення процесу, а також висока якість заготовок, при якій шкідливий вплив тепла за можливості обмежується. Тому, оптимальний термічний режим розробляється для кожної марки сталі з врахуванням вихідної структури металу, його об'єму та співвідношення розмірів заготовки і призначення деталі.

Термічний режим пластичного деформування заготовок із листового матеріалу складається з трьох етапів: нагрівання перед пластичним деформуванням, охолодження в процесі формоутворення, охолодження після пластичного деформування. Одне з головних завдань при розробленні термічного циклу процесу формоутворення полягає у визначенні температурного інтервалу, тобто температури початку і кінця деформування.

Розрізняють оптимальний (або допустимий) і технологічно необхідний інтервали температур пластичного деформування листових заготовок. Оптимальний інтервал температур визначають в результаті роздільного встановлення температур початку і кінця деформування. Точно встановити ці температури можна лише на підставі експериментальних даних, які стосуються марки сплаву (з технологічної, металознавчої та експлуатаційної точок зору). Тому зазвичай вказують орієнтовні температури початку та кінця пластичного деформування, які потім уточнюються, виходячи з співвідношення товщини та довжини заготовки. Головним чинником, який визначає ці температури, є склад сплаву і його фізико-механічні властивості.

Температури пластичного деформування знаходяться між: температурами

плавлення і кінця рекристалізації сплаву. Нижча температура відноситься до напівгарячої, напівхолодної і, нарешті, до холодної деформації. Встановлено, температури деформації повинні бути на 150... 200°C нижче  $T_{пл}$ . Інтервал температур, як правило, призначається у кожному конкретному випадку, виходячи з хімічного складу матеріалу, діаграми стану. При цьому мається на увазі, що в інтервалі температур гарячого пластичного деформування матеріал володіє достатньою пластичністю.

Поблизу температури плавлення сплаву знаходиться температура, при якій спостерігається втрата пластичності. Тут же знаходиться область перепалу сталі, пов'язана з оплавленням і окисленням границь зерен, тому деформувати в цій області не можна. Дещо нижче знаходиться температура перегріву сплаву, яка характеризується значним зростанням зерна. Досліджено, що для деяких сталей грубозерниста структура добре піддається деформуванню, при цьому зерна подрібнюються. Тому верхня межа температур може лежати в області температур перегріву. В деяких випадках верхню температуру знижують внаслідок необхідності зменшення окалиноутворення і знеуглецювання. Чим більші розміри заготовки, тим більшою мірою слід знижувати температуру. Це пов'язано з тим, що для великогабаритних заготовок при їх нагріванні необхідно більше часу витримки при високих температурах. Нижня межа температур залежить не лише від марки сталі, але й від об'єму заготовки, необхідної якості, наявності або відсутності термооброблення, способу охолодження. Важливим чинником при встановленні температур пластичного деформування є вимоги, які висуваються до механічних властивостей матеріалу з врахуванням характеру експлуатації деталі.

Якщо для конкретної деталі передбачено термооброблення, то правильно вибрана температура дозволяє використовувати надане тепло для подальшого термічного оброблення. Якщо термооброблення не передбачене, то нижня межа інтервалу температур деформування обмежується умовами набуття дрібного зерна.

Для невеликих заготовок кінцева температура може бути високою, на 200-300°C вище  $A_{r3}$  або нижчою чи близькою до точки  $A_{r3}$ . Не дивлячись на те, що при високій температурі кінця деформування зерно буде великим, можна в результаті швидкого охолодження отримати тонку будову структури сплаву.

При цьому висока температура кінця деформування сприяє підвищенню техніко-економічних показників виробництва (зростання продуктивності, зменшення витрат енергії). Для крупногабаритних деталей, які не підлягають термообробленню набуття високих механічних властивостей за рахунок збільшення швидкості охолодження заготовок є маловірогідним внаслідок неможливості в цих умовах прискорити їх охолодження.

Тому, щоб вирішити це завдання, слід підібрати таку комбінацію температури і сили деформації, яка б забезпечила б оптимальну структуру листового матеріалу. Тут необхідно мати на увазі, що сталь, піддана деформації в інтервалі критичних зусиль формоутворення (4-12%), після рекристалізації має небажану грубозернисту структуру.

У цехових умовах інтервал температур пластичного деформування інколи уточнюють, виходячи з суб'єктивних причин. Кінцеву температуру коригують, виходячи із стійкості формувального інструменту. Розігріте оснащення інколи швидко осідає при деформуванні остигаючої заготовки унаслідок збільшення опору деформації. Інколи підвищення температури формоутворення викликається недостатньою потужністю устаткування. Керуватися подібними міркуваннями допустимо лише у тих випадках, коли відхилений від оптимального режим не знижує якості деталей.