

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОТЖИГА ПРОВОЛОКИ

В. П. КАЗЬМИН

(Представлена научным семинаром кафедры автоматики и телемеханики)

При производстве различного рода проводов и электрических кабелей одной из промежуточных технологических операций является операция волочения, при которой материал подвергается пластической деформации.

Результатом пластической деформации является изменение внешних форм металла, сопровождающееся также изменением его механических и физикохимических свойств. Кроме этого, изменяется внутреннее строение: зерна металла измельчаются и ориентируются в направлении деформации. Это явление получило название наклепа металла [1, 2]. Изменение внутреннего строения металла приводит к снижению его пластичности и повышению электрического сопротивления. Последнее объясняется затруднением движения свободных электронов при деформированной кристаллической решетке. Твердую наклепанную проволоку нельзя использовать для электротехнических целей. Поэтому встает задача снятия наклепа [3]. Процесс снятия наклепа заключается в нагреве металла до температуры, при которой подвижность атомов возрастает настолько, что становится возможным восстановление равновесного состояния, нарушенного пластической деформацией. После снятия наклепа восстанавливаются механические свойства металла и его электропроводность [1, 2, 3]. Задача нагрева проволоки для снятия наклепа или, как мы будем называть дальше — отжиг, в настоящее время решается несколькими способами: электроконтактным, индукционным или конвекционным в стационарных нагревательных печах.

Сущность электроконтактного способа отжига состоит в следующем. По небольшому участку движущейся проволоки пропускается электрический ток низкого напряжения, подводимый через контактные ролики от нагревного трансформатора [8]. Режим отжига для различных скоростей движения проволоки через контактные ролики автоматически регулируется изменением подводимого напряжения. Электроконтактный отжиг обычно совмещают с процессом волочения или эмалирования. При малых скоростях волочения или эмалирования такой способ отжига дает хорошие результаты и имеет ряд преимуществ перед другими способами. К таким преимуществам можно отнести:



- 1) непрерывность процесса;
- 2) большие возможности автоматизации;
- 3) исключение каких-либо промежуточных операций (например, транспортировки и т. д.);
- 4) большая скорость отжига.

Однако современные волочильные машины позволяют осуществить такую скорость протяжки проволоки, при которой оказывается затруднительным регулирование режима отжига. Это объясняется тем, что при больших скоростях волочения скорость нагрева проволоки превышает  $15000 \text{ град/сек}$  и регулирование оказывается нестабильным. Кроме того, нагрев с такой скоростью ухудшает качество отожженной проволоки. При электроконтактном способе отжига возможны скрытые дефекты отжига, неравномерность прогрева, существенно усложняется пуск в работу и торможение волочильного стана (из-за трудности управления отжигом на участках разгона и торможения) [5].

Используемый способ управления отжигом — управление по косвенным показателям (току, напряжению), а не по температуре, причем используются принципиально менее точное управление по возмущению, а не по отклонению. Удлинение проволоки при нагреве и невозможность при этом большого натяжения затрудняют устранение вибрации проволоки на участке отжига. Эти же причины не позволяют обеспечить хороший контакт, в связи с чем проволока получает нежелательную точечную эрозию и механические деформации [5]. Таким образом, при больших скоростях волочения электроконтактный способ отжига оказывается малоприменимым.

При индукционном способе отжига, который обычно также совмещается с волочением или эмалированием, из движущейся проволоки образуют короткозамкнутый виток, в котором индуцируется электрический ток [4, 6, 7]. Этому способу на больших скоростях присущи те же недостатки, что и электроконтактному. В тех случаях, когда провод идет на эмалирование, оба вышеуказанные способа отжига могут быть совмещены с эмалированием и дают хорошие результаты, так как скорость движения проволоки в этих случаях значительно ниже скорости волочения и определяющим является скорость эмалирования, а не отжига, как при волочении.

Третий способ отжига — это отжиг проволоки на катушках или в бухтах в нагревательных печах [9, 10]. Этот способ имеет ряд недостатков перед вышеописанными способами, а именно:

- 1) требует вспомогательных транспортных операций;
- 2) занимает значительные производственные площади;
- 3) имеет низкий к. п. д.;
- 4) большое время цикла (4—5 часов), т. е. время от момента закладки проволоки в печь до момента получения отожженной проволоки.

Низкий к. п. д. последнего способа объясняется тем, что значительная часть энергии тратится на нагрев самой печи большой массы и на излучение в окружающее пространство. Большое время цикла обусловлено длительной выдержкой проволоки в печи, необходимой для равномерного прогрева. Укорочение времени цикла за счет интенсификации нагрева (увеличения температуры в печи) невозможно, так как появляется неравномерность прогрева проволоки — верхние слои оказываются перегретыми по отношению к внутренним.

Несмотря на указанные недостатки, отжиг в печах является самым распространенным в настоящее время. Главными определяющими факторами этого являются разделение процесса волочения и отжига, хорошее качество отожженной проволоки. При этом не ограничивают-



ся скоростные возможности волочильных машин. Поэтому усовершенствованию несомещенных установок отжига проволоки уделяют большое внимание. Усовершенствование таких установок должно быть направлено в первую очередь на повышение к. п. д. установки и сокращение времени разогрева.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Бочвар. Металловедение. М., Metallurgizdat, 1956.
2. М. Е. Блантер. Металловедение и термическая обработка. М., Mashgiz, 1963.
3. Ю. М. Лахтин. Металловедение и термическая обработка. М., Mashgiz, 1961.
4. Промышленное применение токов высокой частоты. М.—Л., «Машиностроение», 1964.
5. Ю. С. Мельников. Вопросы автоматизации электрического отжига движущейся проволоки. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Томский политехнический институт, 1965.
6. В. И. Родимов. Приспособление для светлого отжига проволоки в процессе высокоскоростного волочения. «Металловедение и термическая обработка металлов», 1960, № 1.
7. З. Брокхаус. Устройство для непрерывного нагрева лент, проволоки и т. п. Патент ФРГ, кл. 21, 8/20, № 971925, 1959.
8. Н. З. Днестровский, С. Н. Померанцев. Краткий справочник по обработке цветных металлов и сплавов. М., «Metallurgizdat», 1958.
9. Современные элеваторные печи и их применение для отжига проводов. ЦКБ по ультразвуковым и высокочастотным установкам, Технико-экономический бюллетень, 1961, № 2 (20).
10. А. Сибилев. Нагрев ленты и проволоки в электропечах «на проход». «Цветные металлы», 1963, № 4.