
покрытии и проводить электроконтактную приварку на мягком режиме, что снижает зону термического влияния на основной металл. Это может повысить усталостную прочность восстановленных деталей.

Библиографический список:

1. Зубченко А.С. Марочник сталей и сплавов. – М.: Машиностроение 2003-547с.
2. Кондратьев Б.Т. Атлас типовых микроструктур.- Волгоград: Волгоградский сельскохозяйственный институт 1981 – 90с.

УДК 633.3

**ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ И РЕКРИСТАЛИЗАЦИЯ
МЕТАЛЛОВ ПРИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ**

Яковлев С.А., к. т. н., доцент, тел. 8(8422)55-95-97, jakseal@mail.ru
Каняев Н.П., ассистент
тел. 8(8422)55-95-90, kaniaevi@mail.ru
ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА»

Ключевые слова: *электромеханическая обработка (ЭМО) металлов, термопластическая деформация (ТПД), дислокации, рекристаллизация.*

В статье представлены основные процессы, происходящие в поверхностном слое металлов при их термопластическом деформировании.

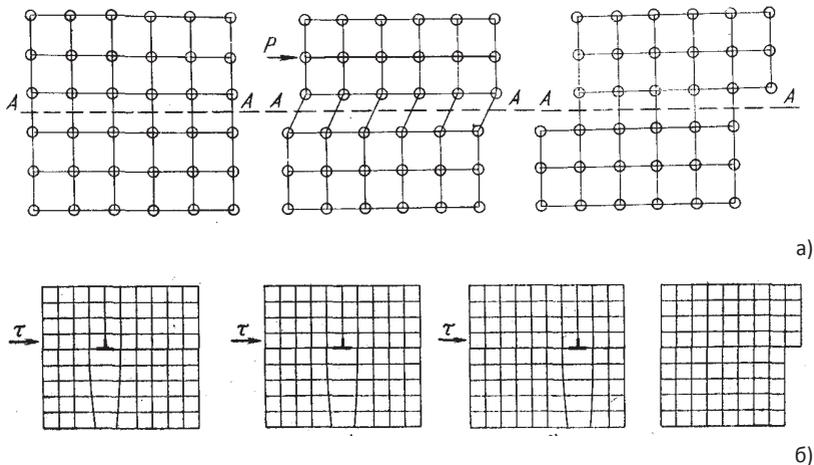
Сущностью пластического деформирования является сдвиг в результате, которого одна часть кристалла смещается по отношению к другой части кристалла (рис.1).

Способы пластической и термопластической деформации металлов (ТПД) позволяют значительно увеличить долговечность деталей, повысить их прочность и твердость, уменьшить пластичность и вязкость, и соответственно упрочнить поверхностный слой детали.

В настоящее время в промышленности широко применяют следующие высокопроизводительные и экономичные способы поверхностного упрочнения деталей: дробеструйный наклеп, накатывание поверхности роликами или шариками, чеканка специальными бойками, гидроабразивный наклеп и др.

Одним из эффективных способов упрочнения является ЭМО поверхностного слоя деталей машин, сочетающее нагрев детали с одновременным пластическим деформированием её поверхности.

Процессы, происходящие в поверхностном слое детали при ТПД, в частности ЭМО, подразделяют на две основные стадии: возврат и рекристаллизацию, которые сопровождаются выделением теплоты и уменьшением свободной энергии отклонившихся из положения равновесия атомов.



а) схема пластического сдвига в идеальной кристаллической решетке;
 б) дислокационная схема пластического сдвига.

Рис. 1. Схема деформации в кристаллической решетке

Возвратом называют все изменения тонкой структуры и свойств, которые не сопровождаются изменением микроструктуры деформированного металла, т.е. размер и форма кристаллов при возврате не изменяются.

Процесс возврата протекает обычно при температурах ниже $0,3 T_{пл}$ ($T_{пл}$ - абсолютная температура плавления металла или сплава).

Рекристаллизацией называют зарождение и рост новых кристаллов с меньшим количеством дефектов строения; в результате рекристаллизации образуются совершенно новые, чаще всего, равноосные кристаллы.

Пластически деформированные металлы могут рекристаллизоваться лишь после деформации, степень которой превосходит определенную минимальную величину, которая называется критической степенью деформации:

$$\varepsilon = \frac{H_0 - h}{H_0} 100\% \quad (1)$$

где H_0 - начальная высота заготовки,

h - высота заготовки после обжатия.

Если степень деформации меньше критической, то зарождения новых зерен при нагреве не происходит. Критическая степень деформации невелика (2 - 8%); для алюминия она близка к 2%, для сталей и меди - к 5%.

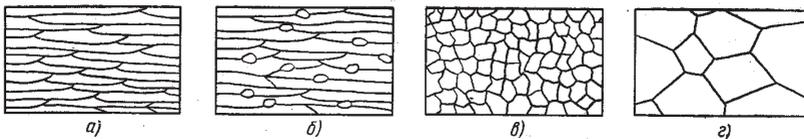
Существует также температурный порог рекристаллизации - это наименьшая температура нагрева, обеспечивающая возможность зарождения новых зерен. Температурный порог рекристаллизации составляет некоторую долю от температуры плавления металла:

$$T_{РЕКР} = a \times T_{ПЛ} \quad (2)$$

Значение коэффициента a зависит от чистоты металла и степени пластиче-

ской деформации. Для металлов технической чистоты $a = 0,3 - 0,4$ и понижается с увеличением степени деформации. Уменьшение количества примесей может понизить a до $0,1 - 0,2$. Для твердых сплавов $a = 0,5 - 0,6$, а при растворении тугоплавких металлов может достигать $0,7 - 0,8$. Для алюминия, меди и сталей технической чистоты температурный порог рекристаллизации равен соответственно 100°C , 270°C и 450°C .

Рекристаллизация состоит из зарождения новых зерен и их последующего постепенного роста. С повышением температуры рост зерен ускоряется. Чем выше температура нагрева, тем более крупными окажутся рекристаллизованные зерна (рис.2).



а) наклепанный металл; б) начало первичной рекристаллизации; в) конец первичной рекристаллизации; з) собирательная рекристаллизация.

Рис. 2. Схема изменения микроструктуры наклепанного металла при термомпластическом деформировании

Рекристаллизация полностью снимает наклеп, созданный при пластической деформации; металл приобретает равновесную структуру с минимальным количеством дефектов кристаллического строения. Восстанавливаются все физические и механические свойства металла.

В рекристаллизованном металле при известных условиях возникает предпочтительная ориентировка зерен - текстура.

Возможность образования текстуры при рекристаллизации зависит от химического состава сплавов, в технических металлах - от природы и количества примесей, от температуры и времени выдержки при рекристаллизации, от сечения изделия и ряда других технологических факторов.

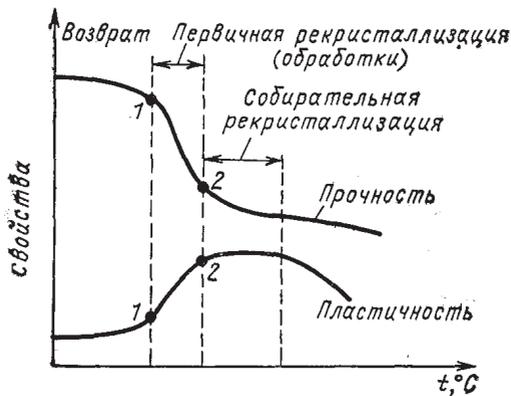


Рис. 3. Схема изменения свойств наклепанного металла при возврате и рекристаллизации

Использование ЭМО, согласно проведенным исследованиям, позволяет в значительной степени, устранить отрицательные свойства рекристаллизации металла и в 2...4 раза повысить его усталостную прочность, вследствие кратковременного воздействия температур выше температуры рекристаллизации (2) которое сопровождается одновременным протеканием упрочнения и рекристаллизации.

Следует отметить, что рекристаллизация протекает не во время деформации, а сразу после ее окончания и тем быстрее, чем выше температура. При очень высокой температуре, значительно превышающей температуру рекристаллизации, она завершается в секунды и даже доли секунд. Данным требованиям в полной мере удовлетворяет ЭМО.

Библиографический список:

1. Аскинази Б.М. Упрочнение и восстановление деталей машин электрохимической обработкой. -3-е изд., перераб. и доп.-М.:Машиностроение, 1989.-200 с.
2. Багмутов В.П., Паршев С.Н., Дудкина Н.Г., Захаров И.Н. «Электрохимическая обработка: технологические и физические основы, реализация».- Новосибирск: Наука, 2003. – 318с.
3. Лившиц Б.Г. Металлография. - М.: Металлургия, 1990. - 236 с.
4. Яковлев С.А., Жиганов В.И. Электрохимическая обработка на токарно-винторезных станках // СТИН.-2000.- №6. –с. 11-16.
5. Способ электрохимической обработки деталей машин. Патент РФ № 2414514, опубликован 20.04.2011 г.