

УДК621.791: 546.261

В.Г. Лебедев, Н.Н. Клименко, С.А. Аль-Аджелат

Одесский национальный политехнический университет

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ПРИЖОГОВ ПРИ ШЛИФОВАНИИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЗАКАЛЕННЫХ СТАЛЕЙ

Рассматриваются вопросы аналитического и экспериментального определения термодинамических явлений при шлифовании закаленных сталей. Рассматриваются закономерности формирования фаз и структур, в поверхностном слое шлифуемой детали.

Ключевые слова: *шлифование, фазовые превращения.*

Введение. Опыт шлифования деталей, изготовленных из цементированных и закаленных сталей, а также деталей, поверхность которых была подвержена поверхностной закалке, показывает, что весьма распространенным видом брака при этой операции являются тепловые дефекты, вызываемые высокой контактной температурой шлифования – прижоги и трещины поверхностного слоя.

Цель исследования – используя аналитические и экспериментальные возможности, создать модель или математическое описание механизма фазово-структурных превращений в поверхностном слое шлифуемой детали.

Задачи исследования

1. Проанализировать фазовые и структурные превращения (ФСП) в поверхностном слое детали под действием контактной температуры шлифования и причины, вызывающие высокие значения напряжений в поверхностном слое и причины вызывающие трещины.

2. Проанализировать и математически описать механизмы образования (ФСП) в поверхностном слое детали.

3. Определить предельные температуры поверхности, которые не приводят к ФСП.

Исследования.

Образование прижогов закалки. Наиболее часто тепловые шлифовочные дефекты образуются у цементруемых, улучшаемых высокоуглеродистых сталей, низко и среднелегированных, со структурой мартенсита или отпущенного мартенсита [1,2,3]. При быстром нагреве температурой шлифования поверхности шлифуемой детали из закаленной стали выше линии A_{c1} мартенситная структура поверхностного слоя переходит в аустенитную структуру, то есть имеет место обратное мартенситное превращение. Это превращение тем более облегчается, что в результате больших удельных давлений, оказываемых абразивными зёрнами на поверхность металла, точка A_{c1} снижается в область низких температур [1].

После быстрого нагрева поверхностного слоя следует его быстрое охлаждение со скоростями, значительно превышающими критические скорости закалки. Точки M_k у этих сталей в большинстве своем находятся ниже 20°C , то есть ниже температуры, до которой охлаждается металл при шлифовании. В результате этого мартенситные превращения происходят не полностью, вследствие чего в поверхностном слое фиксируется структура аустенита вторичной закалки, получившая название шлифовочного прижога закалки.

Окончательное охлаждение аустенитной структуры происходит в интервале температур от 100 до 20°C , то есть процесс охлаждения заканчивается между точками M_n и M_k , таким образом, температурный интервал до конца мартенситного превращения не перекрывается, что обуславливает неполноту этого превращения и фиксацию значительной части аустенита.

Условия образования прижогов закалки и отпуска при шлифовании показаны на рис. 1.

Прижог закалки образуется по схеме превращения: мартенсит-нагрев-аустенит-охлаждение-фиксация аустенита.

Если рассматривать превращения мартенсита в аустенит при шлифовании закаленной стали, то здесь можно выделить две принципиально разные схемы превращения:

1. Диффузионное превращение по схеме мартенсит-перлит-аустенит.
2. Бездиффузионное превращение по схеме мартенсит-аустенит.

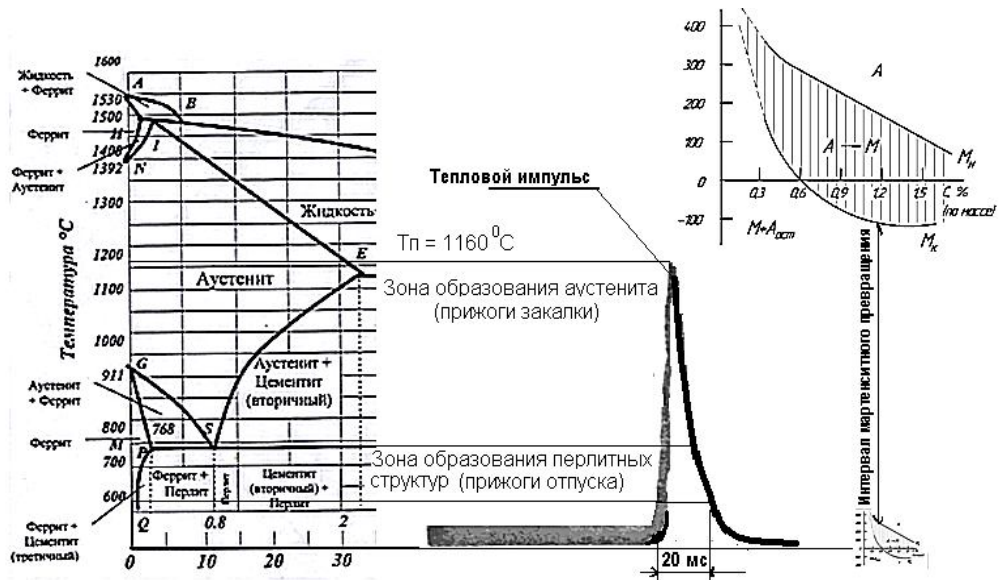


Рис. 1. Условия образования прижогов закалки и отпуска при шлифовании

Кристаллическая решетка мартенсита показана рис. 2.

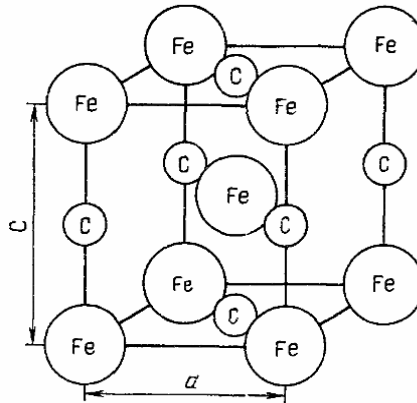


Рис. 2. Объемоцентрированная тетрагональная решетка углеродистого мартенсита. Все междуузья по вертикальной оси заняты атомами углерода

Первая схема – диффузионное превращение предполагает выход углерода из кристаллической решетки в зоне температур отпуска (см. рис. 1). При дальнейшем повышении температуры происходит $\alpha \rightarrow \gamma$ превращение и растворение углерода в γ железе, т.е. образование аустенита. Минимальное время, необходимое для выхода атомов углерода из тетрагональной решетки мартенсита углеродистой нелегированной стали составляет около 10^{-6} с [4].

Критическая средняя скорость нагрева, при которой еще возможны диффузионные превращения для эвтектоидных углеродистых сталей составляет $2,2 \cdot 10^6$ °C/c [1,2]. Для доэвтектоидных сталей она несколько ниже, а для заэвтектоидных несколько выше.

В настоящей работе получены следующие теоретико-экспериментальные зависимости, для температуры образования аустенита по диффузионной схеме

$$T_{A_{1ск}} = T_{A_1} \cdot v_u^{0.1} \tag{1}$$

где $A_{1ск}$ – температура точки A_1 при скоростном нагреве, A_1 – температура точки A_1 при стационарном нагреве в соответствии с диаграммой состояния Fe – Fe₃C. v_u – скорость перемещения теплового источника по поверхности детали.

Бездиффузионная схема обратного мартенситного превращения предполагает только сдвиг кристаллической решетки. Время этого сдвига оценивается в работе [5] как 10^{-11} с. Следовательно, прижоги закалки по этой схеме возможны даже при минимальном времени теплового воздействия на металл отдельных абразивных зерен.

Для температуры образования аустенита по бездиффузионной схеме, можно использовать выражение: [1.2]

$$T_{A1\text{сноп}} = 20 \cdot v_n^{0.025} + T_{A1} \quad (2)$$

Образование прижогов отпуска. Образование прижогов отпуска происходит во время третьего превращения отпуска, когда углерод выходит из решетки мартенсита полностью. С одной стороны образуется чистый феррит, а с другой одновременно протекает реакция выделившегося углерода с ферритом, в результате чего получается цементит. В результате образуется феррито-цементитная смесь, которая называется перлит.

Процесс образования перлита из мартенсита можно рассматривать как процесс зарождения перлитных центров с последующим их ростом.

Решая дифференциальное уравнение диффузии [1], можно определить температуры образования прижогов отпуска в зависимости от конкретных условий шлифования (Рис. 3).

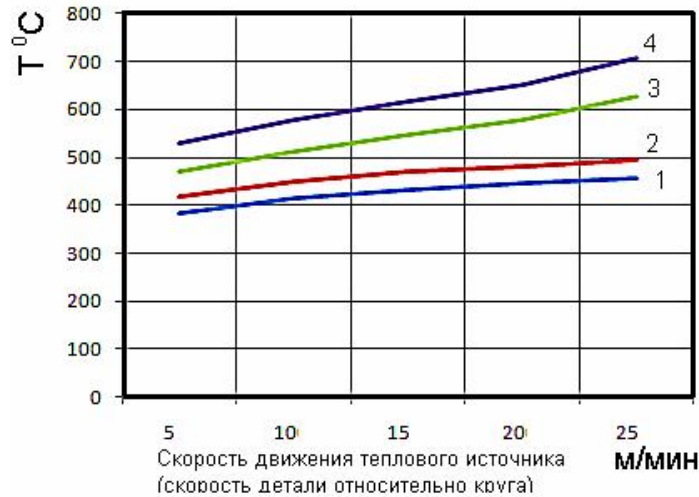


Рис. 3. Зависимости температуры образования перлита (температура образования прижогов отпуска) от скорости движения теплового источника и химсостава шлифуемой стали:

1-сталь45; 2-У8; 3-12Х2Н4А (цементация+закалка); 4- 9ХС

Выводы.

1. При быстром нагреве температурой шлифования поверхности детали из закаленной стали выше линии A_{c1} , мартенситная структура поверхностного слоя переходит в аустенитную. После быстрого нагрева поверхностного слоя следует его быстрое охлаждение со скоростями, значительно превышающими критические скорости закалки, однако мартенситные превращения происходят не полностью, поскольку точки M_k у этих сталей в большинстве своем находятся ниже 20°C , то есть ниже температуры, до которой охлаждается металл при шлифовании. Вследствие этого интервал мартенситного превращения не перекрывается и в поверхностном слое фиксируется структура аустенита вторичной закалки, получившая название шлифовочного прижога закалки.

2. Образование прижогов отпуска происходит во время третьего превращения отпуска, когда углерод выходит из решетки мартенсита полностью. При шлифовании заэвтектоидных сталей температура третьего превращения выше, чем при шлифовании доэвтектоидных сталей, особенно если эти стали легированы карбидообразующими элементами.

1. Аль-Аджейлат С.А. Формирование прижогов отпуска при шлифовании направляющих тяжелых прессов кругами из КНБ / С.А. Аль-Аджейлат, В.Г. Лебедев // Одесса, Научно-виробничий журнал. 2007. № 4. – С. 128-150.
2. Аль-Аджейлат С.А. Энергетические условия образования прижогов закалки при шлифовании направляющих тяжелых прессов кругами из КНБ / С.А. Аль-Аджейлат, В.Г. Лебедев // Одесса, Проблеми техніки. Научно-виробничий журнал., 2008. № 1 – С. 130-152.
3. Клименко Н.М. "Дослідження процесу обробки деталей з покриттями з плакованого карбиду титана // дис. к.т.н., Одесса, ОНПУ, 2005.
4. Гуляев А.П. Металловедение. – Москва: Металлургия, 1988.
5. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – Москва: Высшая школа, 1967.