

М.Ф.Евсюков, Д.В.Лошкарев, П.Д.Грушко.

Институт черной металлургии НАН Украины им.З.И.Некрасова

О КИНЕТИКЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ АУСТЕНИТА В СТАЛЯХ В НЕРАВНОВЕСНЫХ УСЛОВИЯХ

Целью исследования является изучение влияния температурно-временных условий охлаждения на кинетику распада переохлажденного аустенита с образованием псевдоперлита в углеродистых и легированных сталях. Закономерности распада аустенита в неравновесных условиях изучены методами дилатометрического и микроструктурного анализа. Изучено влияние скорости охлаждения на кинетику образования перлита и феррита. Показано, что в реальных условиях производства металлопроката (из низкоуглеродистых сталей в виде катанки, арматуры и тонкого листа) скорость охлаждения на воздухе (или при ускоренном охлаждении) практически всегда находится в таком интервале, который способствует распаду переохлажденного аустенита с образованием псевдоперлита.

Ключевые слова: углеродистая и легированная сталь, скорость охлаждения, аустенит, псевдоперлит

Состояние вопроса и задачи исследования. При содержании углерода в аустените 0,8% продуктом превращения в условиях близких к равновесным является эвтектоидная смесь, состоящая феррита и цементита и называется перлитом [1]. В условиях близких к равновесным перлит состоит из пластинок цементита и феррита, дисперсность которых зависит как от характера и степени легирования, так и от температурно-временных условий охлаждения аустенита. Легирующие элементы [2,3] как правило понижают содержание углерода в эвтектоиде. Элементы, растворяющиеся в железе и почти не взаимодействующие с углеродом уменьшают содержание последнего в эвтектоиде, так как они уменьшают количество атомов железа, участвующих в образовании эвтектоида. К этой группе относятся кремний и никель. Однако характер их влияния различный. В стали с содержанием кремния 2% содержание углерода в эвтектоиде понижается до 0,6%, а при содержании 5,5% понижается до 0,4% (рис.1,а).

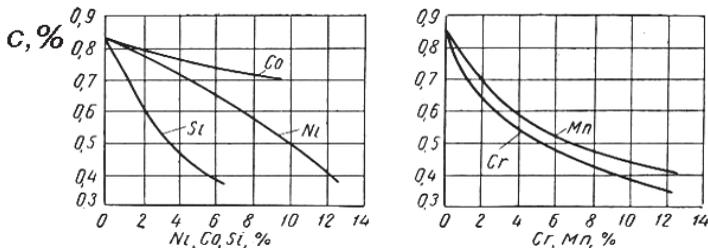


Рис.1. Влияние легирующих элементов на содержание углерода в эвтектоиде

При повышении содержания никеля эвтектоидная точка, равная 0,6%, наблюдается только при содержании 7,2%, а содержание углерода в эвтектоиде, равное 0,4%, достигается только при содержании никеля, равное 14% (рис.1,а). Карбидообразующие элементы, растворяющиеся в большом количестве в феррите и карбиды которых участвуют в образовании эвтектоида, влияют в том же направлении. Однако, степень их влияния несколько другая. Так, при повышении марганца до 3,5% содержание углерода в эвтектоиде понижается до 0,6%. При дальнейшем увеличении марганца степень его влияния уменьшается и только при содержании 12,5% содержание углерода в эвтектоиде понижается до 0,4% (рис.1,б). Хром влияет аналогично. Содержание углерода в эвтектоиде понижается до 0,6% при легировании хромом в количестве 2,5%, а при повышении содержания хрома до 9% содержание углерода в эвтектоиде понижается до 0,4% (рис.1,б).

В реальных условиях практически все стали, как правило, подвергаются комплексному легированию несколькими элементами. В этом случае изменение содержания углерода (ΔC) в зависимости от характера и степени легирования можно определять эмпирически по формуле:

$$\Delta C = 0.06(\%Mn) + 0.03(\%Cr) + 0.03(\%Ni) + 0.08(\%Si) + 0.4(\%Mo) \quad (1)$$

В этом случае содержание феррита в стали в условиях близких к равновесным (при малых скоростях охлаждения) можно определять по формуле:

$$\%F = [0,80 - (X - \Delta C)] / 0,80 \quad (2)$$

Где X – содержание углерода в стали (%)

ΔC – поправка (%), определенная по формуле (1)

Содержание углерода в эвтектоиде также зависит и от скорости охлаждения. Впервые закономерности формирования перлита при изотермическом распаде были изучены и сформулированы А.А.Бочваром [4,5]. Было показано, что чем больше степень переохлаждения, тем больше отличается состав аустенита способный к эвтектоидному распаду от равновесной концентрации эвтектоида (0,8%С).

Эвтектоид, образовавшийся в условиях значительного переохлаждения и отличающийся по концентрации от равновесной точки эвтектоида на диаграмме равновесия, А. А. Бочвар назвал квазиэвтектоидом. В этом случае с увеличением переохлаждения расширяется область распада переохлажденного аустенита на псевдоэвтектоид. При этом, содержание углерода уменьшается пропорционально переохлаждению. (рис.2) А это в конечном итоге приводит в доэвтектоидных сталях к уменьшению выделения феррита и увеличению доли эвтектоида обедненного углеродом в виде псевдоэвтектоида. Как показал Гречный Я.В. [6], образование квазиэвтектоидных структур определяется не столько схематическим продолжением на диаграмме состояния линии ниже A_1 , сколько кинетикой кристаллизации фаз. Позже эта теория была поддержана на основании экспериментальных исследований низкоуглеродистых и легированных сталей

А.П.Гуляевым [7], М.А.Блантером [8] и другими исследователями. Однозначно было показано, что количество феррита как в углеродистых, так и в легированных сталях с увеличением переохлаждения уменьшается, а при достижении некоторого переохлаждения в изотермических условиях распада образуется только эвтектоид в виде псевдоперлита [9].

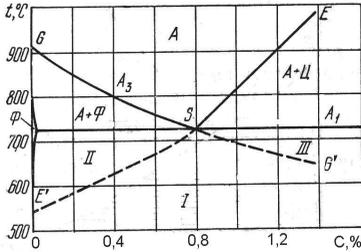


Рис.2. Схема превращения переохлажденного аустенита в углеродистой стали. Пунктирная линия ES – область распада аустенита с образованием псевдоперлита с пониженным содержанием углерода.

Кроме этого, переохлаждение оказывает существенное влияние и на межпластиночное расстояние в перлите. Как показано в ранее выполненных работах Mehl R.F. [10,11] с увеличением степени переохлаждения изотермической ванны до 550°C межпластиночное расстояние при распаде аустенита по диффузионной кинетике в углеродистых сталях с содержанием углерода от 0,6% до 1,4% монотонно уменьшается. Однако, при распаде на верхний бейнит, где феррит образуется по сдвиговому механизму, межпластиночное расстояние больше на 10-15% по сравнению с перлитом при таком же переохлаждении. В этом случае твердость бейнитной структуры стали 9X, как показано в работе [12], при температуре 500°C равна 35RC, а твердость псевдоперлита при температуре 550°C равна 39RC, что ниже твердости псевдоперлита на 4RC при более низкой (на 50°C) температуре.

На межпластиночное расстояние цементита в перлите при изотермическом распаде аустенита оказывают влияние и легирующие элементы. При этом легирование никелем, марганцем и молибденом – элементами, расширяющими область устойчивости аустенита, способствует увеличению межпластиночного расстояния в перлите по сравнению с углеродистой сталью с таким же содержанием углерода и таком же переохлаждении [13]. Легирующие элементы, такие как хром, уменьшающие область устойчивости аустенита или повышающие критическую точку A_{c1} , уменьшают этот параметр.

Однако общие закономерности кинетики распада аустенита с образованием псевдоперлита в изотермических условиях не дают представления о кинетике формирования псевдоэвтектоида в процессе непрерывного охлаждения в большом интервале скоростей охлаждения в металлопрокате из углеродистых и легированных сталей.

Целью настоящего исследования является изучение влияния температурно-временных условий охлаждения на кинетику распада переохлаж-

денного аустенита в углеродистых и легированных сталях с образованием псевдоперлита, а также оценка влияния переохлаждения на морфологию образования псевдоперлита при распаде по диффузионному механизму, в том числе и в интервале скоростей охлаждения распада аустенита по смешанной кинетике.

Материал и методика исследования. Исследования проводили на арматурных сталях Ст3 и 35ГС. Низкоуглеродистая сталь Ст3 имела следующий состав: 0,21%С, 0,50%Mn, 0,20%Si. Влияние легирования изучали на среднеуглеродистой стали 35ГС следующего состава: 0,36%С, 0,93%Mn и 0,63%. Кинетику распада аустенита исследуемых сталей в большом интервале скоростей охлаждения проводили на dilatометре МД-83 конструкции Института черной металлургии. В этом случае из исследуемых сталей в горячекатаном состоянии изготавливали образцы диаметром 4мм. В процессе экспериментов образцы Ст3 нагревали по режиму: 920° – 10мин, а образцы стали 35ГС соответственно до 880°С – 10мин. После нагрева образцы охлаждались с различной скоростью по программе на воздухе или сжатым воздухом. В процессе охлаждения температура образца регистрировалась на приборе КСП 4, а dilatограмма – на приборе ПДП 4-002. Строение продуктов распада исследовали на dilatометрических образцах микроструктурным методом на микроскопе НЕОФОТ-2.

Содержание структурных составляющих- феррита и перлита определяли двумя методами. Первый метод – анализ dilatограмм, записанных после различных скоростей охлаждения. Графический метод позволил определять процентное содержание структурных составляющих в пределах всего исследуемого образца. Второй метод – это локальный метод случайных секущих С. А. Салтыкова [14]. Для обеспечения идентичности определения структурных составляющих в образцах после различных скоростей охлаждения шлифы изготавливали на половине высоты в поперечном сечении. Травление образцов осуществляли 4% ниталем.

Результаты dilatометрических и микроструктурных исследований обобщены и представлены в виде структурных диаграмм (рис.3).

Результаты исследования. В низкоуглеродистых сталях распад аустенита при всех скоростях охлаждения начинается с образования структурно свободного феррита, как правило, по границам аустенитных зерен. Это обусловлено тем, что скорость образования свободного феррита, при всех прочих равных условиях, в несколько раз больше скорости образования цементита. Это обусловлено как меньшей флуктуацией состава, необходимой для возникновения зародышей феррита [8], так и большей линейной скоростью роста этих зародышей. Если интенсивность диффузионных процессов в прилегающих участках аустенита одинакова, то последняя ориентировочно должна быть в 6-7 раз больше линейной скорости цементита [15]. А морфология феррита при диффузионной кинетике распада зависит от скорости охлаждения и изменяется от крупных поли-

ядрических зерен при малых скоростях охлаждения до вытянутых участков в виде пограничной сетки. При этом, содержание феррита при повышенных скоростях охлаждения уменьшается, особенно в интервале скоростей охлаждения распада аустенита по смешанной кинетике.

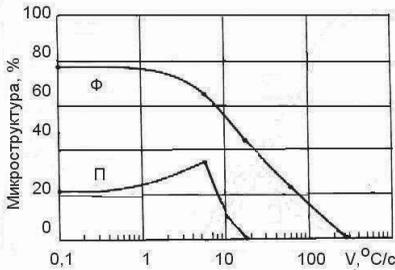


Рис. 3. Структурная диаграмма превращения аустенита стали Ст3 после нагрева 920°C – 10 мин.

При нагреве до 920°C в стали Ст3 формируется аустенитное зерно 9 – 10 балла стандартной шкалы. Анализ структурной диаграммы (рис.3) показал, что при охлаждении со скоростью $0,1^{\circ}\text{C}/\text{c}$ аустенит распадается по диффузионной кинетике с образованием 78% феррита. Феррит, зарождающийся на границе аустенитных зерен, имеет максимальную растворимость углерода около $0,02\%$. Поэтому ферритное зерно в процессе роста вытесняет углерод в пограничный слой аустенитного зерна. [7]. При достижении содержания углерода до $0,8\%$ переохлажденный аустенит распадается в интервале температур $705-690^{\circ}\text{C}$ с образованием 22% перлита. С увеличением скорости охлаждения до $0,4^{\circ}\text{C}/\text{c}$ соотношение структурных составляющих не изменилось. Уменьшение количества феррита до 76% и увеличение перлита до 24% обнаружено при охлаждении со скоростью $1,2^{\circ}\text{C}/\text{c}$. В этом случае температурный распад аустенита на феррит понизился и составил $755-660^{\circ}\text{C}$. Оставшийся аустенит в интервале температур $660-630^{\circ}\text{C}$ распался с образованием перлита. При дальнейшем увеличении скорости охлаждения до $6^{\circ}\text{C}/\text{c}$ за счет значительного переохлаждения температурного интервала распада с 720° до 560°C содержание феррита уменьшается до 65%, а неравновесного перлита в виде псевдоэвтектоида увеличивается до 35%, т.е. на 13%.

Таким образом, при скорости охлаждения $1,2^{\circ}\text{C}/\text{c}$ наблюдается повышение содержания перлита до 24%. В интервале скоростей охлаждения $1,2 - 6^{\circ}\text{C}/\text{c}$ образуется псевдоперлит, содержание которого с увеличением скорости охлаждения до $6^{\circ}\text{C}/\text{c}$ на 13% больше, чем содержание перлита в равновесном состоянии. При этом температурный интервал распада понизился на $20-25^{\circ}\text{C}$. Перлитные колонии имеют более изрезанные границы с ферритом и менее равноосную форму.

При увеличении скорости охлаждения с $6^{\circ}\text{C}/\text{c}$ до $165^{\circ}\text{C}/\text{c}$ распад аустенита осуществляется по смешанной кинетике. При этом распад аустенита начинается по диффузионной кинетике с образованием структурно свободного феррита. В интервале скоростей охлаждения от $6^{\circ}\text{C}/\text{c}$ до $165^{\circ}\text{C}/\text{c}$ температура начала распада понижается до 600°C , а степень распада понижается до 1%.

Температура начала распада переохлажденного аустенита на псевдоперлит с повышением скорости охлаждения до $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$ понижается до $560\text{ }^{\circ}\text{C}$, а степень распада уменьшается до 1%. Температура торможения распада аустенита в этом интервале скоростей охлаждения остается неизменной и равна $560\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, образование феррито-карбидной смеси в низкоуглеродистых сталях в интервале скоростей охлаждения распада аустенита по смешанной кинетике всегда протекает с дефицитом по углероду с образованием псевдоэвтектоида (псевдоперлита). Влияние тепла фазового превращения на температуру конца распада аустенита при всех скоростях охлаждения не выявлено.

При более низких температурах переохлажденный аустенит распадается с образованием бейнито-мартенситных структур. При скоростях охлаждения $580\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$ и выше переохлажденный аустенит начинает распадаться при $430\text{ }^{\circ}\text{C}$ по сдвиговому механизму с образованием мартенсита.

Микроструктурные исследования показали, что при повышенных скоростях охлаждения феррит образуется, в основном, в виде разорванной сетки по границам зерен. А распад аустенита с образованием дисперсной феррито-карбидной смеси в виде сорбитообразного перлита. При малых скоростях охлаждения $0,05 - 0,006\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$ в стали образуются крупные зерна полиэдрического феррита и равноосные колонии перлита. При этом, зерна феррита имеют как равноосную, так и вытянутую форму с хорошо видимой границей между ними. Перлит при скоростях охлаждения $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$ и выше наблюдается как в виде сплошных ликвационных полос, состоящих из мелких вытянутых перлитных колоний, так и в виде мелких отдельных сравнительно равномерно расположенных участков, однако, также вытянутых вдоль направления деформации (рис.4).

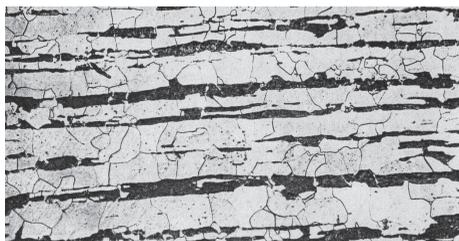


Рис. 4. Микроструктура стали Ст3 после нагрева 920° – 10мин и последующего охлаждения со скоростью $0,5^{\circ}\text{C}/\text{с}$, х 300, 4% ниталь.

Одновременное влияние углерода, легирующих элементов и скорости охлаждения на кинетику и морфологию образования перлита исследовали на стали 35 с $0,36\% \text{C}$, легированной $0,93\% \text{Mn}$ и $0,63\% \text{Si}$. На основании результатов дилатометрических и микроструктурных исследований образцов после нагрева 900° – 20 мин и охлаждения в интервале скоростей охлаждения от $0,02^{\circ}\text{C}/\text{с}$ до $230^{\circ}\text{C}/\text{с}$ построена структурная диаграмма превращения аустенита стали 35ГС (рис.5).

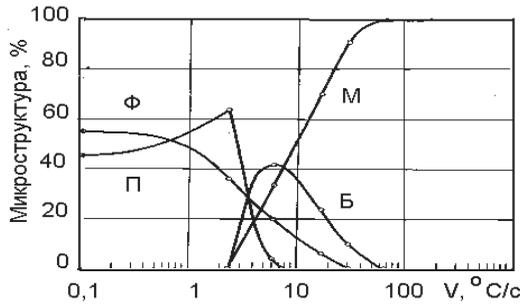


Рис. 5. Структурная диаграмма превращения аустенита стали 35ГС после нагрева 900°C – 20 мин.

Результаты исследования показали, что распад аустенита по диффузионной кинетике с образованием структурно свободного феррита и эвтектоида наблюдается в интервале скоростей охлаждения от $30^{\circ}\text{C}/\text{с}$ до $0,006^{\circ}\text{C}/\text{с}$. При этом в интервале скоростей охлаждения от $0,4^{\circ}\text{C}/\text{с}$ до $0,006^{\circ}\text{C}/\text{с}$ в условиях, близких к равновесным, аустенит распадается при температурах ниже 760°C на 54% феррита в виде полиэдрических зерен и 46% эвтектоида, состоящего из феррита и карбида цементитного типа. Это обусловлено тем, что кристаллическая решетка цементита находится в хорошем структурном соответствии с решеткой аустенита [16]. На это указывает ничтожный тепловой эффект выделения цементита из аустенита. В то же время карбиды МС отличаются отсутствием размерного соответствия с решеткой аустенита и, следовательно, большой энергией межфазной поверхности. Легирующие элементы, такие как марганец, имеют полную растворимость как в аустените, так и цементите. Поэтому в цементите перлита, по данным Гуляева А.П. [17] и других авторов, содержание легирующих элементов практически такое же, как и исходном аустените [3].

С увеличением скорости охлаждения до $2,2^{\circ}\text{C}/\text{с}$ аустенит переохлаждается до 695°C . В процессе охлаждения до 630°C из аустенита выделяется только 30% феррита, а оставшийся переохлажденный аустенит в интервале температур 630° – 540°C распадается с образованием 70% эвтектоида. В этом случае переохлаждение остаточного аустенита до 630°C привело к повышению содержания эвтектоида в виде псевдоперлита на 24% за счет увеличения дефицита углерода. Дальнейшее понижение температуры начала распада аустенита на феррито-карбидную смесь в интервале скоростей распада аустенита по смешанной кинетике свидетельствует о еще большем дефиците углерода в эвтектоиде. Минимальная температура, при которой из аустенита выделяется псевдоперлит, это температура 540°C .

Микроструктурные исследования показали, что в интервале скоростей охлаждения $0,006 - 0,4^\circ\text{C}/\text{с}$, в котором распад осуществляется в условиях близких к равновесным, микроструктура, в основном, состоит из равновесных зерен феррита и перлита. В интервале скоростей охлаждения $2,2 - 0,4^\circ\text{C}/\text{с}$ микроструктура образуется за счет значительного переохлаждения более дисперсная структура. Феррит имеет неравновесную форму с изрезанными границами. Псевдоэвтектоид присутствует в виде мелких и крупных неравновесных зерен. В интервале скоростей охлаждения, способствующих распаду аустенита по смешаной кинетике, псевдоэвтектоид присутствует в виде единичных мелких неравновесных зерен на границах аустенитных зерен.

Выводы. В стали Ст3 при минимальной скорости охлаждения, равной $0,1^\circ\text{C}/\text{с}$, образуется феррито- карбидная смесь, состоящая из 78% равноосных зерен феррита и перлита в виде перлитных колоний, растущих от границ аустенитных зерен. Содержание перлита в стали составляет 22%. При скорости охлаждения $0,4^\circ\text{C}/\text{с}$ соотношение структурных составляющих не изменилось. При скорости охлаждения $1,2^\circ\text{C}/\text{с}$ наблюдается повышение содержания перлита до 24%. В интервале скоростей охлаждения от $1,2 - 6^\circ\text{C}/\text{с}$ образуется псевдоперлит, содержание которого с увеличением скорости охлаждения до $6^\circ\text{C}/\text{с}$ на 13% больше, чем содержание перлита в равновесном состоянии. При этом температурный интервал распада понизился на $20-25^\circ\text{C}$. Перлитные колонии имеют более изрезанные границы с ферритом и менее равноосную форму

Феррит также зависит от скорости охлаждения. Если при малых скоростях охлаждения феррит образуется в виде крупных полиэдрических зерен, то в интервале скоростей охлаждения, где образуется псевдоперлит, ферритные зерна более мелкие с изрезанными краями с перлитом. Граница между зернами феррита после травления 4% ниталем очень слабо. При этом содержание феррита в этом интервале скоростей уменьшается с 78% до 65%.

Повышение содержания углерода в стали 35ГС до 0,36% и марганца до 0,93% изменило интервал скоростей охлаждения, в котором аустенит распадается с образованием псевдоперлита. В интервале скоростей охлаждения от $0,06^\circ\text{C}/\text{с}$ и до $0,4^\circ\text{C}/\text{с}$ соотношение структурных составляющих неизменно и составляет 54% феррита и 46% перлита. При повышении скорости охлаждения до $2,2^\circ\text{C}/\text{с}$, равной верхней критической скорости охлаждения для этой стали, содержание феррита уменьшилось до 30%, а псевдоперлита наоборот увеличилось до 70% за счет дефицита углерода, т.е. на 24%. В интервале скоростей распада по смешаной кинетике, равной $2,2 - 70^\circ\text{C}/\text{с}$, минимальная температура, при которой образуется псевдоперлит с максимальным дефицитом по углероду, равна 540°C .

Легирующие элементы в низкоуглеродистых сталях, такие как марганец, повышающие устойчивость аустенита и температурный интервал его

распада, увеличивают долю распада переохлажденного аустенита на псевдоперлит.

Таким образом, максимальный прирост количества псевдоперлита в исследованных низкоуглеродистых сталях наблюдается при максимальной скорости охлаждения, равной верхней критической скорости охлаждения, при которой полностью реализуется распад аустенита по диффузионной кинетике.

Образование феррито-карбидной смеси во всех исследованных низкоуглеродистых сталях в интервале скоростей охлаждения распада аустенита по смешанной кинетике всегда протекает с дефицитом по углероду с образованием псевдоперлита (псевдоэвтектоида).

В равновесных условиях содержание углерода в эвтектоиде углеродистой стали составляет 0,8%. В легированных сталях при комплексном легировании содержание углерода в равновесных условиях в эвтектоиде понижается, однако, не является аддитивной величиной от процентного содержания элементов в стали. В неравновесных условиях, т. е. при повышенных скоростях охлаждения, содержание углерода в эвтектоиде, как в углеродистых, так и легированных сталях, уменьшается пропорционально степени переохлаждения аустенита.

Межпластиночное расстояние в перлите является многофакторной величиной, зависящей как от степени переохлаждения и кинетики распада аустенита, так и от характера и степени легирования. С увеличением степени переохлаждения межпластиночное расстояние в эвтектоиде уменьшается от 700мкм при 700°C до 103мкм при 580°C. Легирующие элементы, такие как никель, марганец и молибден, увеличивают межпластиночное расстояние на 10-15% по сравнению с углеродистой сталью.

Влияние тепла фазового превращения в исследованных сталях на температуру конца распада аустенита по диффузионному механизму при всех скоростях охлаждения не выявлено.

Заключение. В реальных условиях производства скорость охлаждения металлопроката из низкоуглеродистых сталей в виде катанки, арматуры и тонкого листа в процессе охлаждения после прокатки на воздухе или при ускоренном охлаждении практически всегда находится в интервале скоростей охлаждения, способствующих распаду переохлажденного аустенита с образованием псевдоперлита.

1. *Гуляев А. П.* Металловедение. – М: Металлургиздат, 1977. –684 с.
2. *Меськин В. С.* Основы легирования стали. – М:Металлургия, 1964. -684с.
3. *Бейн Э.* Влияние легирующих элементов на свойства стали. – М: Металлургиздат, 1945. – 245 с.
4. *Бочвар А. А.* Исследование кинетики и механизма кристаллизации сплавов эвтектического типа. – ОНТИ. 1958. – 198 с.
5. *Бочвар А. А.* Основы термической обработки сплавов. – ГОНТИ, 1958. -258 с.
6. *Гречный Я. В.* // Известия АН СССР, ОТН/ – 1956/ – № 3/ – С.29.

7. Гуляев А. П. Термическая обработка стали. – М:Машгиз, 1960. -296 с.
8. Блантер М.Е. Фазовые превращения при термической обработке стали. – М:Металлургиздат, 1962/ -268с.
9. *Металловедение* и термическая обработка. Справочник. Том 1/ – М:Металлургиздат, 1961. – 747с.
10. Гардин А. И., Гуляев А. П. // Журнал технической физики. –Т.23. – 1953. – С.2001.
11. Гардин А. И. Электронная микроскопия стали. – М:Металлургиздат, 1954. – 198с.
12. Попов А. А., Попова А. Е. Изотермические и термокинетические диаграммы распада переохлажденного аустенита. – Машгиз. Москва –Свердловск, 1961. – 430с.
13. Mehl R. F., Hagel W.C. Progress in Metal Physics, v.6. London, 1956.
14. Салтыков С. А. Стереометрическая металлография. – М:Металлургия, 1970.
15. Попов А. А. Фазовые превращения в металлических сплавах. – М: Metallurgizdat, 1963. – 311с.
16. Лебедев Т. А. Основные положения новой теории железоуглеродистых сплавов. – Ленинградский институт усовершенствования инженеров, 1939. – Сборник 6. – С.39-41.
17. Гуляев А. П. // Труды МАИ – Оборонгиз, 1946. – Вып.3. – С.13.

*Статья рекомендована к печати
докт. техн. наук, проф. Г. В. Левченко.*

М.Ф.Євсюков, Д.В.Лошкаръов, П.Д.Грушко

Про кінетику перетворення аустеніту в сталях в нерівноважних умовах.

Метою дослідження є вивчення впливу температурно-часових умов охолодження на кінетику розпаду переохладженого аустеніту з утворенням псевдоперліту в вуглецевій і легованій сталі. Закономірності розпаду аустеніту в нерівноважних умовах вивчено методами дилатометричного і мікроструктурного аналізу. Вивчено вплив швидкості охолодження на кінетику утворення перліту і фериту. Показано, що в реальних умовах виробництва металопрокату з низьковуглецевої сталі у вигляді катанки, арматури і тонкого листа швидкість охолодження на повітрі (або при прискореному охолодженні) практично завжди знаходиться в такому інтервалі, що сприяє розпаду переохладженого аустеніту з утворенням псевдоперліту. Визначено інтервали швидкостей охолодження, за яких утворюється збіднений вуглецем псевдо перліт.