Доклады Академии наук СССР
1955. Том 103, № 3

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

С. С. НОСЫРЕВА и А. М. ПОЛЯКОВА

О КАМНЕВИДНОМ ИЗЛОМЕ В КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЯХ

(Представлено академиком Г. В. Курдюмовым 23 II 1955)

В процессе горячей механической обработки — ковки или прокатки конструкционных сталей — часто возникает перегрев, неустранимый при последующей нормальной термической обработке. Такой перегрев в термически обработанной (улучшение) конструкционной стали характеризуется наличием «камневидного» излома. Появление камневидного излома связано не только с температурой, но и со скоростью охлаждения стали после перегрева: быстрое охлаждение — закалка предупреждает образование камневидного излома; напротив, медленное охлаждение перегретой стали способствует образованию камневидного излома ([1]).

Изучение вида излома, а также изучение границ зерен аустенита дают основание для предположения о химической неоднородности внутри зерен аустенита. По мнению В. И. Архарова ([2]), различие в химическом составе по зерну аустенита может быть объяснено явлением внутрикристаллической адсорбции легирующих элементов и неметаллических примесей, находящихся в твердом растворе в аустените. По мнению К. А. Малышева ([1]), камневидный излом является следствием выделения неметаллических примесей (сульфидов) по границам зерен аустенита в связи с их переходом в твердый раствор при нагреве и выделением из твердого раствора при охлаждении ввиду уменьшения растворимости.

В исследованиях С. С. Штейнберга ([3]) было установлено, что быстрое охлаждение стали от температуры перегрева благоприятствует выделению сульфидных включений из твердого раствора в мелкодисперсном состоянии; напротив, медленное охлаждение способствует выделению и коагуляции крупных неметаллических включений и распределению их в виде крупных скоплений в форме отдельных капель и цепочек, образующих сетку по границам зерен аустенита.

В целях дальнейшего изучения механизма образования камневидного излома в конструкционных сталях было проведено исследование распределения сернистых включений в литой и кованой конструкционной стали марки 37ХНЗА при помощи метода меченых атомов. В опытные лабораторные плавки вводились добавки искусственно радиоактивного изотопа серы S^{35}. Удельная активность изотопа S^{35} в исследуемом металле составляла 1 мк/кг стали.

Радиоактивная сера в виде сернистого железа добавлялась к неактивному сернистому железу, полученная смесь тщательно перемешивалась и загружалась в патрончик из чистого железа, который на длинной штанге вводился в расплав и выдерживался в расплаве в течение 2—3 мин. при непрерывном помешивании до полного расплавления. При таком методе введения получалось равномерное распределение серы в стали.

Радиограммы в настоящем исследовании снимались как с образцов литой стали, так и с образцов кованой стали после перегрева и последующей нормальной термической обработки.

На рис. 1 *а* представлен отпечаток радиограммы, полученной с образца кованой стали, медленно охлажденного в печи после перегрева при 1350° с последующей нормальной термической обработкой (закалка от 850° и высокий отпуск при 620°) и имеющего камневидный излом. Как видно из рисунка, сульфиды в виде черных точек расположены крупными скоплениями, образующими прерывистую сетку по границам зерен аустенита, а также в виде отдельных капель по зерну аустенита.

В образцах, быстро охлажденных в воде после перегрева с последующей нормальной термической обработкой, образование камневидного излома не наблюдается и распределение сульфидов имеет другой характер. Как представлено на рис. 1 *б*, сульфиды выделились при охлаждении в виде более мелких капель, равномерно расположенных по зерну аустенита.

Подобный характер распределения сернистых включений полностью воспроизводится при повторных исследованиях. Интересно отметить, что микроотпечатки на серу по методу Баумана совершенно идентичны радиограммам соответствующих образцов стали.

На рис. 1 *в* представлен микроотпечаток на серу по методу Баумана, полученный с образца, медленно охлажденного в печи после перегрева, радиограмма которого представлена на рис. 1*а*. Характер распределения сульфидов полностью подтверждается: включения сульфидов расположены в виде крупных капель правильной формы и цепочек по границам зерен, а также и внутри зерна аустенита.

На рис. 1 *г* представлен микроотпечаток на серу по Бауману с образца, быстро охлажденного в воде после перегрева, отпечаток радиограммы с которого дан на рис. 1 *в*, также подтверждающий мелкодисперсный характер выделения сульфидных включений при быстром охлаждении после перегрева.

Таким образом, в настоящем исследовании методом радиографии подтверждено влияние скорости охлаждения на величину и характер распределения сульфидов в кованой стали после перегрева и последующей нормальной термической обработки. Резкое влияние скорости охлаждения от температуры перегрева на образование камневидного излома и на характер распределения сернистых включений позволяет сделать вывод, что одной из решающих причин, вызывающих возникновение камневидного излома в стали, является процесс растворения при нагревании и выделения при охлаждении сульфидов из твердого раствора по границам зерен аустенита.

Институт физики металлов
Уральского филиала Академии наук СССР

Поступило
5 I 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] К. А. Малышев, Тр. Инст. физики металлов УФАН, в. 10 (1946). [2] В. И. Архаров, Тр. Инст. физики металлов УФАН, в. 8 (1946). [3] С. С. Штейнберг, Металловедение, 2-е изд., 1933, стр. 125.

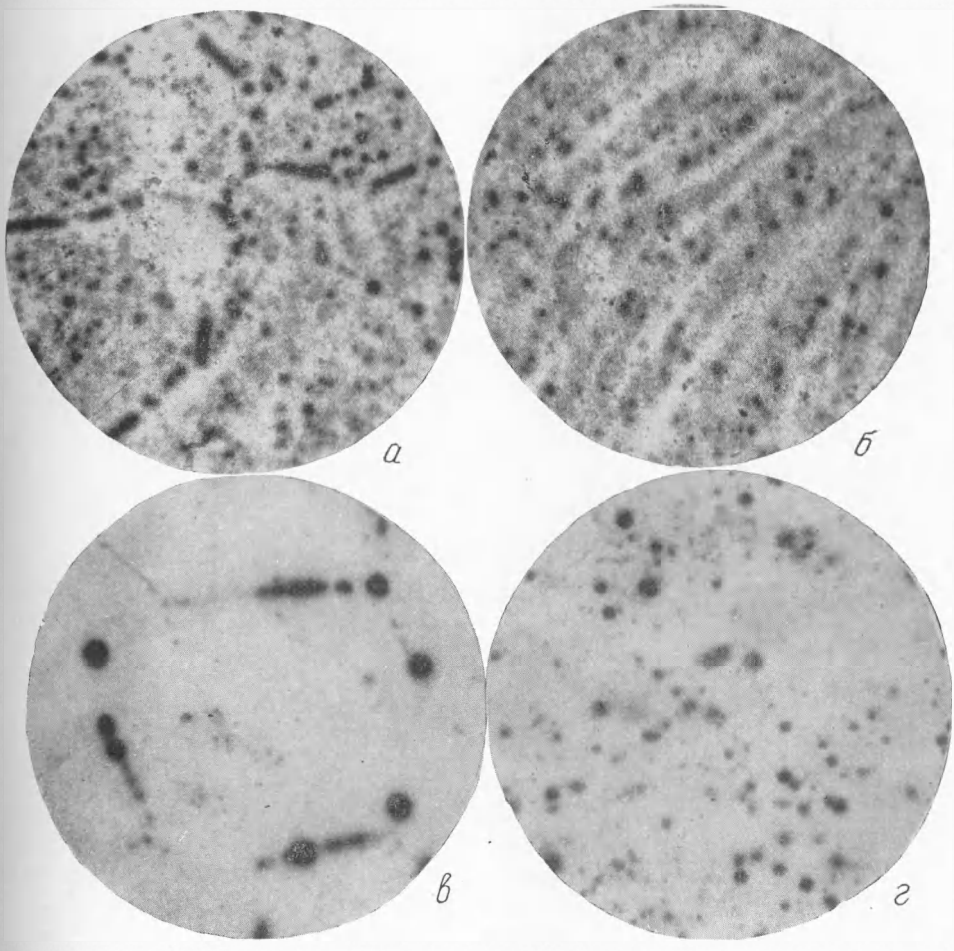


Рис. 1. *А* и *Б* — × 40; *В* и *Г* — × 30