

## ВЛИЯНИЕ КАРБИДНОЙ ФАЗЫ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ПРОШИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

Из-за постоянно возрастающих при работе прошивного инструмента температурно-силовых нагрузок требуются разработка и использование сталей с высоким комплексом свойств. При разработке литых сталей для горячештампового прошивного инструмента возникают определенные трудности с вводом легирующих карбидообразующих элементов, влияющих, с одной стороны, положительно на упрочнение, с другой — отрицательно на ударную вязкость, трещиностойкость, пластические свойства литой стали. В упрочнении литой стали первостепенную роль играют механизмы упрочнения за счет дисперсных карбидов и растворения в решетке железа инородных атомов по типу внедрения или замещения. Влияние на упрочнение литой стали каждой из этих составляющих для различных сталей неодинаково. Причем механизм упрочнения дисперсными частицами и расположение карбидов по границам зерен повышают скорость роста трещин в стали, особенно средне- и высоколегированной.

Исследовались литые стали типа 5ХНМЛ, 4Х5МФСЛ, 4Х5В2ФСЛ, 4Х4НМФСЮ после окончательной термообработки.

На междендритных участках образцов, вырезанных из отливок, обнаружены выделения включений карбидной фазы, мелкодисперсные у поверхностных слоев, более грубого строения в центре. Для стали 5ХНМЛ ими являются карбиды цементитного типа, для сталей 4Х5МФСЛ, 4Х5В2ФСЛ, 4Х4НМФСЮ, кроме того, карбиды типа  $M_3C$  и  $M_{23}C_6$ . Данные микрорентгеноспектрального анализа опытной стали 4ХНМФСЮ (рис. 1, а) показывают, что распределение таких основных элементов, как Cr, Mo, V, происходит по границам дендритов в виде карбидной фазы. Выделения первичных карбидов в обогащенных легирующими элементами зонах являются в последующем зародышами образования трещин при деформировании, способствуют снижению трещиностойкости, ударной вязкости. У сталей типа 5ХНМЛ карбидная фаза ( $M_3C$ ) полностью переходит в твердый раствор и не оказывает такого отрицательного влияния. Для теплостойких сталей типа 4Х5МФСЛ, 4Х5В2ФСЛ, 4Х4НМФСЮ размер карбидов, не растворившихся в твердом растворе, является определяющим. Существует критический размер карбидов, выше которого у литых сталей данного типа происходит зарождение трещин уже в процессе кристаллизации. Выявлено, что в процессе эксплуатации наряду с известными процессами распада мартенсита, аустенита остаточного, коагуляции карбидов происходят превращения  $M_3C \rightarrow M_7C_3$ ,  $M_3C \rightarrow Cr_{23}C_6$  (рис. 1, б). Образуются термически менее устойчивые карбиды, которые приводят необратимо к разупрочнению, способствуют хрупкому разрушению, снижению трещиностойкости, теплоустойкости, ударной вязкости. Являясь дополнительными эффективными препятствиями для продвижения дислокаций, обособившиеся карбиды вызывают возникновение больших внутренних напряжений и как следствие раскрытие трещины.

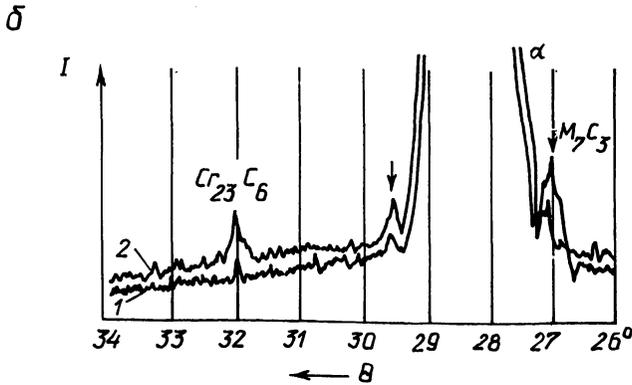
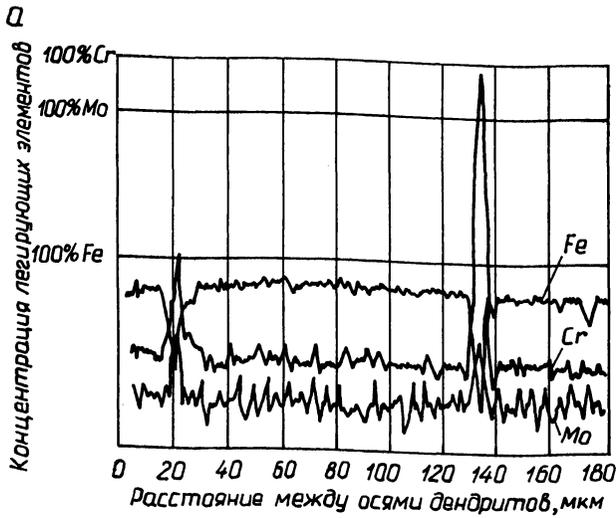


Рис. 1. Распределение легирующих элементов в поверхностном слое отливки (а) и рентгеновские спектры фазовых составляющих опытной стали 4Х4МФСЮ (б) :

1 — до закалки и отпуска; 2 — после эксплуатации

Рассмотренные структурные изменения наблюдались при испытании литого прошивного инструмента в промышленных условиях. Основным фактором на первом этапе испытаний являлось появление разрушения и скалывания пуансонов. В последующем, используя эффекты модифицирования и ускоренного охлаждения при кристаллизации, смогли избежать образования в структуре крупных карбидных включений, что сказалось на стойкости инструмента. На втором этапе испытаний разрушений такого вида не наблюдалось.