

ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ЭФФЕКТА ГЕРБЕРТА ПРИ ОМАГНИЧИВАНИИ ТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННЫХ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ.

О.Ю. Сорочкина

Донской Государственный Технический Университет

Ростов-на-Дону, Россия

sorochkin@mail.ru

В последние годы предпринимаются попытки использовать эффект Герберта (повышение твердости термически обработанных сталей после их омагничивания) для повышения стойкости режущего инструмента. Экспериментально показано, что при воздействии постоянным магнитным полем 2 МА/м твердость термически обработанных быстрорежущих сталей несколько повышается. При этом установлено, что увеличение твердости у закаленных и отпущенных образцов релаксирует во времени. Так, микротвердость H_{100} стали Р9К5 после омагничивания повышалась на 230 ± 50 МПа, но через 25 часов снижалась практически до первоначального уровня.

Это явление анализировалось на основе представлений о взаимодействии намагниченности и структурных дефектов при движении доменных границ. Между намагниченностью и дислокационной структурой существует магнитострикционное взаимодействие, природа которого обусловлена разориентировкой спиновых магнитных моментов внутри междоменной границы. При воздействии внешним магнитным полем изменение направления спинов сопровождается магнитострикционными изменениями размеров, что при условии когерентности границы с матрицей приводит к появлению упругих напряжений, поля которых взаимодействуют с полями упругих напряжений дислокаций. Магнитострикционную энергию взаимодействия междоменной границы и дислокационной петли можно записать как $W = b_k \int_{S_d} s_{ik}^m dS_i$, где s_{ik}^m - тензор упругих напряжений, вызванных магнитострикцией (i, k - принимают значение 1, 2, 3, соответствующие декартовым координатам); b_k - k -я компонента вектора Бюргера дислокационной петли; S_d - поверхность, в которой находится дислокационная петля; S_i - проекция этой поверхности на i -ую координатную плоскость. Приближенные оценки показывают, что значение максимальной

компоненты тензора магнитоупругих напряжений s_{33} имеет величину 3,14 МПа. Расчеты показали, что при движении доменной границы под действием этих напряжений участки дислокационных петель между точками закрепления выгибаются. При этом суммарное изменение длины дислокационных петель может достигать 15%. Данное обстоятельство с учетом неполной релаксации дислокационной деформации при выключении поля может быть объяснением данных об увеличении твердости при омагничивании. При этом особая роль отводится гетерогенности структуры, обусловленной наличием парамагнитных карбидных включений в ферритной матрице. В общем случае границы доменов имеют тенденцию проходить через немагнитные или слабомагнитные включения, поскольку энергия границы при нулевой намагниченности минимальна. Наличие большого количества карбидов в быстрорежущей стали делает малой вероятность возвращения границ доменов в исходное положение сразу после выключения внешнего поля, что в свою очередь тормозит релаксацию дислокационной деформации, которая определяется соотношением линейного натяжения, величиной барьера Пайерлса, а также магнитоупругим взаимодействием выгнутых участков дислокационных петель с доменными границами, занимающими новое положение.

Следует также учитывать анизотропию поля смещений атомов железа при магнитоэластической деформации, что приводит к упорядоченному заполнению атомами углерода октаэдрических пустот в о.ц.к. решетке отпущенного и вторичного мартенсита вдоль одного из направлений легкого намагничивания $\langle 100 \rangle$, то есть образованию атмосфер Сноэка, что также дает некоторый вклад в упрочнение по твердорастворному механизму.

Обратимость эффекта упрочнения быстрорежущих сталей после омагничивания объясняется стремлением междоменных границ занять энергетически выгодные положения, обусловленные пространственной кристаллографической ориентацией ферромагнитных фаз, которая не меняется в процессе намагничивания. При этом факторы, способствующие частичной деформации дислокационной структуры, устраняются, и твердость снижается до первоначального уровня.

При резании омагниченным инструментом твердость снижается уже через 5-10 минут при работе на оптимальных режимах. Это связано с повышением температуры инструмента при работе и увеличением подвижности атомов, тормозящих перемещение закрепленных участков дислокаций. Известно, что сила торможения, обусловленная примесными атомами, обратно пропорциональна температуре. Таким образом, с повышением температуры условия, способствующие повышению твердости омагниченного инструмента, исчезают, что не дает возможность получить прирост стойкости. Поэтому попытки реализации эффекта Герберта для увеличения стойкости режущего инструмента следует рассматривать, как нонсенс.