

Следует отметить, что с увеличением скорости трения микрогеометрия поверхности бронзы имеет тенденцию к увеличению параметра R_a , в то время как чугун при всех скоростях сохраняет в одних пределах.

Таким образом, в условиях абразивного износа, независимо от скоростей трения, высокопрочный чугун имеет меньший износ [1] и лучшую микрогеометрию поверхности, чем бронза в тех же условиях, что позволяет сделать вывод о замене в парах трения сельскохозяйственной техники дефицитного материала бронзы на более дешевый материал — высокопрочный чугун. Это позволит увеличить срок службы этих пар трения и получить значительный экономический эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлюченко Т. Г. Исследование износостойкости конструкционных материалов, применяемых в сельскохозяйственном машиностроении. — В сб. и. тр. «Ремонт машин и технология металлов», МИИСП, т. XII, вып. 4, ч. II. М., 1975.
2. Ермолов Л. С., Павлюченко Т. Г. Усовершенствование машины трения МИ-1М для изучения изнашивания материалов на различных скоростях. — Сб. и. тр. «Ремонт машин и технология металлов», МИИСП, т. X, вып. 4, ч. II. М., 1973.

УДК 669.017; 539.319

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ МИКРОНАПРЯЖЕНИЙ ПОСЛЕ ПЛАСТИЧЕСКОГО ИЗГИБА

Н. Д. БОЙКО, Ю. Ф. БОЙКО, В. К. АВЕТИСЯН

Процесс изготовления и восстановления деталей машин часто сопровождается пластической деформацией, которая приводит к изменению механических свойств металлов. При этом может наблюдаться как упрочнение, так и разупрочнение при последующем нагружении или в процессе эксплуатации изделия, что связано со структурными изменениями, происходящими в металлах при предварительной пластической деформации.

Во всех случаях пластической деформации в металлах возникают остаточные напряжения различного рода, оказывающие существенное влияние на механические свойства металлов [1, 2]. Особый интерес представляют остаточные ориентированные микронапряжения (ОМН) [3], влияние которых на свойства металлов при последующем деформировании определяется соотношением системы главных ориентированных микронапряжений и внешних напряжений [4]. Однако ориентированные микронапряжения, в основном, исследовались после однородной пластической деформа-

ции (растяжение, сжатие). Практически не изучен вопрос о влиянии неоднородной пластической деформации на распределение ориентированных микронапряжений, хотя, как правило, изготовление и восстановление деталей сопровождается именно неоднородной деформацией (ковка, штамповка, изгиб и т. п.).

Поэтому целью настоящей работы явилось изучение распределения остаточных ориентированных микронапряжений после пластического изгиба.

Исследования ориентированных микронапряжений проводились на образцах из листовых сталей ЮХСНД и 17Г2АФ. Заготовки размером 120×500 мм² вырезались из листов толщиной 8, 10 и 20 мм вдоль и поперек направления проката, термообработывались (закалка с 950°C и отпуск при 680°C) и подвергались деформации по схеме чистого изгиба. Прогиб образца при изгибе составлял 150 мм на метр, что соответствовало деформации наружного волокна 0,4; 0,5; 1,0% для толщин 8, 10 и 20 мм соответственно. Варьировалось и напряженное состояние образца при изгибе за счет изменения отношения ширины заготовки b к ее высоте h : при $\frac{b}{h} \leq 3$ — одноосное напряженное состояние, $\frac{b}{h} > 5$ — плоское напряженное состояние [5].

Из пластически деформированных заготовок вырезались образцы для испытания на растяжение и последующего исследования распределения ориентированных микронапряжений, причем, образцы для исследования ориентированных микронапряжений размером $10 \times 10 \times 2$ мм³ вырезались по толщине и ширине деформированной заготовки таким образом, чтобы плоскость, в которой определялись компоненты ориентированных микронапряжений, была параллельна внешним силам, действующим при изгибе. Вырезка образцов позволила разделить влияние ориентированных микронапряжений и макронапряжений на положение дифракционной линии [1, 6]. Перед рентгенографированием поверхность образцов травилась в 35% растворе азотной кислоты в воде для удаления наклепанного при вырезки слоя.

Определение величины ориентированных микронапряжений проводилось рентгенографически, методом наклонных съемок ($\sin^2\psi$ — метод), с учетом влияния перпендикулярной к поверхности компоненты ориентированных микронапряжений [6]. Наклонные съемки проводились на дифрактометре ДРОН-1,5 под углами ± 40 , ± 50 , $\pm 60^\circ$ в излучении кобальтового анода. Регистрация линий (310) ($\theta \sim 81^\circ$) α -фазы осуществлялась поточечно через $0,1^\circ$ методом накопления числа импульсов за время 40 с. с последующим выводом информации на цифropечать. Учитывалось взаимодействие K_α -дублета. Все это позволило определить межплоскостное расстояние с точностью $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ Å, что дает

ошибку при определении напряжений ± 2 кГ/мм². Значения упругих постоянных E и μ принимались как средние значения, вычисленные по моделям Фойгта и Рейсса [6] — $E=2,25 \cdot 10^4$ кГ/мм², $\mu=0,28$.

Величины главных ориентированных микронапряжений на наружных волокнах пластически изогнутых образцов из сталей 10ХСНД и 17Г2АФ приведены в табл. 1. Там же приведены значения ширины дифракционной линии (310) и значения предела текучести при последующем растяжении пластически деформированных изгибом заготовок.

В работе предполагалось исследовать изменение дезориентированных микронапряжений и величину блоков в зависимости от схемы деформирования, то есть получить информацию об изменении субструктуры материала в ходе деформации. Однако, как видно из табл. 1, уширение дифракционных линий незначительно, отношение ширины дифракционной линии деформированного металла к ширине линии недеформированного (термообработанного) $\sim 1,5$, а к ширине линии отожженного ~ 2 , что при вычислении значений дезориентированных микронапряжений и величины блоков дает ошибку более 100% [7]. Поэтому определение характеристик тонкой структуры не проводилось.

Анализ данных (см. табл. 1) показывает, что деформирование по исследуемым схемам приводит к возникновению системы главных ориентированных микронапряжений, соответствующей трехосному напряженному состоянию, причем, для стали 10ХСНД для исследуемых схем деформации, толщины образцов и направления вырезки имеем: $\sigma_{11} > 0$, $\sigma_{22} > 0$, а $\sigma_{33} < 0$ (в отдельных случаях $\sigma_{11} = \sigma_{22}$) как на сжатой так и на растянутой сторонах образца. Такой закономерности не наблюдается для стали 17Г2АФ.

В отдельных случаях ориентированные микронапряжения возникают и после термической обработки. Величина их меньше, чем после пластической деформации, а распределение соответствует тому, что наблюдается на исследуемых образцах. Величина компонент микронапряжений зависит, в основном, от марки стали, т. е. от ее химсостава и структуры.

Для выяснения вопроса о влиянии напряженного состояния образца на распределение ориентированных микронапряжений нами проводились исследования распределения ориентированных микронапряжений по ширине и толщине (высоте) образца стали 10ХСНД толщиной 20 мм и шириной 40 мм ($\frac{b}{h} = 2$) и 120 мм ($\frac{b}{h} = 6$). Степень деформации наружного волокна составляла 1%.

Распределение главных ориентированных микронапряжений по ширине и толщине пластически деформированных изгибом образцов приведены на рис. 1 и рис. 2. Из рис. 1 видно, что распределение микронапряжений однородно по ширине как узкого так и ши-

Таблица 1

Значения компонент ориентированных микронапряжений, физической ширины линии β и предела текучести (σ_t) стальной после пластического изгиба

Материал	Толщина листа, мм	Направленные вырезки	Степень деформации наружного волокна, %	$\frac{b}{h}$	Схема деформации наружного волокна	Предел текучести σ_t , кг/мм ²	Ориентированные микронапряжения, кг/мм ²			
							σ_{41}	σ_{42}	σ_{43}	σ_t
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1ОХСНД	10	поперек направления проката	0	12	растяжение	51,0	-13	-13	-8	16,0
			0,5	12	сжатие	40,0	-7	-7	-9	18,0
					растяжение		25	28	12	22,8
					сжатие		30	25	-10	23,5
1ОХСНД	10	вдоль направления проката	0	12	растяжение	62,0	-	-	-	-
			0,5	12	сжатие	57,0	18	4	-8	26,3
					растяжение		14	14	-1	24,4
1ОХСНД	20	поперек направления проката	0	6	растяжение	37,0	2	-1	1	18,1
			1,0	6	сжатие	33,5	1	-3	6	19,9
					растяжение		35	44	-8	28,4
					сжатие		28	34	-8	31,3
1ОХСНД	20	вдоль направления проката	0	6	растяжение	50,0	-	-	-	-
			1,0	6	сжатие	48,0	36	44	-7	24,9
					растяжение		31	38	-7	27,5
1ОХСНД	20	поперек направления проката	0	2	растяжение	50,5	-3	-1	0	16,5
			1,0	2	сжатие	50,0	1	-2	-1	17,2
					растяжение		22	-8	-8	24,2
					сжатие		-23	5	5	23,0

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
17Г2АФ	8	поперек направле- ния проката	0	45	растяжение сжатие	71,5	-1 0	3 -1	-1 -1	189 18,3
			0,4	15	растяжение сжатие	60,5	-4 -6	0 2	-6 -6	25,8 36,0
17Г2АФ	8	вдоль направле- ния проката	0	15	растяжение сжатие	71,5	-	-	-	-
			0,4	15	растяжение сжатие	58,0	-5 -4	-5 0	11 4	23,9 28,7

рокого образцов на сжатой и растянутой сторонах. Это является свидетельством однородности пластической деформации по ширине образцов вне зависимости от напряженного состояния.

По высоте образца распределение ориентированных микронапряжений неоднородно (см. рис. 2) — максимальное значение они имеют на поверхности образца, а минимальное — в центре,

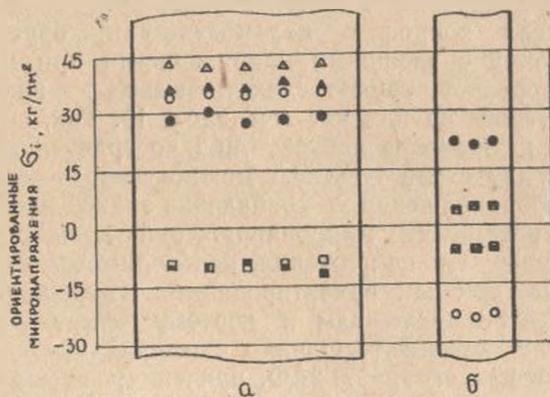


Рис. 1. Распределение ориентированных микронапряжений после правки по ширине образца для широкого (а) и узкого (б) образцов. Толщина образцов 20 мм.

○ — σ_{11} Δ — σ_{12} \square — σ_{13} — растянутая сторона
● — σ_{11} \blacktriangle — σ_{12} \blacksquare — σ_{13} — сжатая сторона

что согласуется с распределением пластической деформации при пластическом изгибе образцов. Отсутствует значительное различие между системами ориентированных микронапряжений для узкого ($b/h \sim 2$) и широкого ($b/h \sim 6$) образцов: для узких образцов

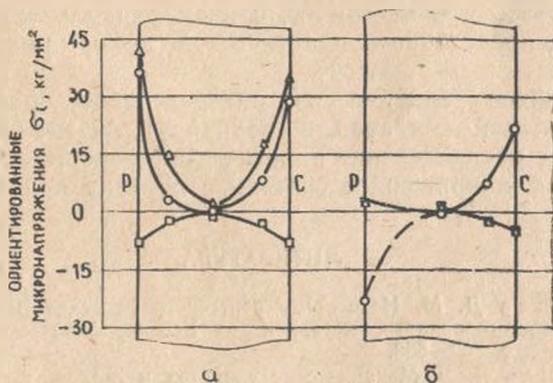


Рис. 2. Распределение ориентированных микронапряжений по толщине образца.

P — растянутая сторона, C — сжатая сторона
○ — σ_{11} Δ — σ_{12} \square — σ_{13}

(одноосное напряженное состояние) $\sigma_{i1} \neq 0$, $\sigma_{i2} = \sigma_{i3} \neq 0$, знак σ_{i1} противоположен знаку внешней деформации, а знаки σ_{i2} и σ_{i3} совпадают. Для широких образцов (плоское напряженное состояние) $\sigma_{i1} \neq \sigma_{i2} \neq \sigma_{i3} \neq 0$, а их знак трудно связать со знаком внешней нагрузки. Таким образом, с увеличением отношения b/h наряду с изменением напряженного состояния образца изменяется и система ориентированных микронапряжений.

Рассматривая вопрос о взаимодействии ориентированных микронапряжений с внешними напряжениями при механических испытаниях образцов, трудно сделать вывод — влияют они на механические свойства или нет (см. табл. 1). Так, снижение предела текучести образцов после изгиба по сравнению с недеформированными для стали ЮХСНД можно связать с влиянием остаточных микронапряжений — совпадение знаков внешней нагрузки и ориентированных микронапряжений должно приводить к снижению внешнего напряжения, необходимого для начала течения металла, так как ориентированные микронапряжения подобны обычным напряжениям и поэтому будут алгебраически складываться с внешними. Однако снижение предела текучести наблюдается и для стали 17Г2АФ, причем существенное, но знак и величина ориентированных микронапряжений не позволяет это снижение предела текучести объяснить их влиянием.

Для одноосного напряженного состояния дело обстоит несколько иначе: изменение предела текучести практически не наблюдается (см. табл. 1), что, по-видимому, можно объяснить тем, что ориентированные микронапряжения на сжатой и растянутой сторонах имеют практически одинаковые значения, но различные знаки и поэтому влияние на внешние напряжения, необходимое для начала текучести, практически отсутствует.

Таким образом, после пластического изгиба в образце возникает неоднородное поле ориентированных микронапряжений с компонентами $\sigma_{i1} \neq \sigma_{i2} = \sigma_{i3} \neq 0$, причем распределение их коррелирует с распределением пластической деформации по сечению образца.

Существенное влияние на распределение ориентированных микронапряжений (их знак и величину) оказывает не только неоднородное распределение пластической деформации по сечению образца, но и напряженное состояние образца при деформировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Д. М. Некоторые рентгенографические методы изучения пластически деформированных металлов. — Успехи физических наук. 1961, т. 1 XXII, вып. 3, с. 503—558.

2. Фридман Я. Б. Механические свойства металлов. т. 2 Механические испытания. М., Машиностроение, 1974.

3. Васильев Д. М. О микронапряжениях, возникающих при пластическом деформировании. — Физика твердого тела. 1959, т. 1, вып. II.

4. Васильев Д. М. О природе эффекта Баушингера. В кн.: Некоторые проблемы прочности твердого тела. М., Изд-во АН СССР, 1960.

5. Демина Л. И. и др. Лабораторные методы испытания тошколистых материалов при двухосном растяжении. — Заводская лаборатория. 1968, т. 34, вып. 1, с. 80—86.

6. Васильев Д. М. Методика рентгенографического исследования напряжений. — Заводская лаборатория, 1965, т. 30, № 8.

7. Богоряцкий Ю. А. Рентгенография в физическом металловедении. М., Металлургиздат, 1961.

УДК 621.791.92 : 633.3—77

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТРЕХФАЗНОЙ НАПЛАВКИ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

И. Ф. ПЕДЧЕНКО, В. Ф. КАРПУСЕНКО

Процессы наплавки занимают важное место в сварочной технике при восстановлении (ремонте) первоначальных (необходимых) размеров и свойств изделий (деталей). При восстановлении (ремонте) наплавку выполняют примерно тем же материалом, из которого изготовлено изделие, однако такое решение не всегда целесообразно.

Иногда при восстановлении, и даже при изготовлении новых деталей, целесообразней получить на их поверхности металл, отличающийся от металла детали. В большинстве случаев условия эксплуатации поверхностных слоев значительно отличаются от условий эксплуатации всего остального материала деталей.

Так, например, если деталь должна определять общую прочность, которая зависит от свойств металла и его сечения, то поверхностные слои часто должны работать на абразивный и другие виды износов [3]. Условия работы могут усложняться повышенной температурой, эрозионно-коррозионным воздействием окружающей среды и т. д.

Во многих случаях детали изготовляют целиком из металла, который обеспечивает и требования к эксплуатационной надежности работы его поверхностей. Однако это не всегда наилучшее и, как правило, не экономичное решение. Часто оказывается целесообразней все изделие изготовлять из более дешевого и достаточно работоспособного металла для конкретных условий эксплуатации и только на поверхностях, работающих в особых условиях, иметь необходимый по толщине слой другого материала.

В большой мере этой возможностью располагает и ремонтное производство, имея дело с конкретными деталями и их поверхностями. Восстановление поверхностных размеров изношенных деталей осуществляют, применяя газопламенную, электродуговую и плазменную наплавки, напыление и другие способы, нанося расплавленный металл на поверхность детали, нагретую до оплавления