

Рис. 2 Кривые выносливости образцов, испытанных при стационарном, переменном и переменном-ступенчатом режимах нагружения: а) для образцов из стали 45; б) для образцов из стали 40X. Кривые 1, 2 соответствуют гладким образцам при σ — 0 и 0,25; кривые 1', 2' — шпоночным образцам при σ — 0 и 0,25.

соответствующие значения σ_1 при действии только $\pm \sigma$ (кривые 1 и 1'). В области ограниченной выносливости под действием \pm наблюдается также увеличение циклической долговечности. Оценку влияния режимов нагружения можно осуществить с помощью коэффициентов:

$\alpha = \frac{\sigma_{-1} - \sigma_{-1}^2}{\sigma_{-1}}$ — в области длительной выносливости;

$\beta = \frac{1/m_2 - 1/m_1}{1/m_1}$, $\gamma = \frac{C_2/m_2 - C_1/m_1}{C_1/m_1}$ — в области ограниченной выносливости. Здесь C_1 , C_2 , m_1 , m_2 — параметры сопоставляемых кривых выносливости.

Значения α , β , γ (усредненные — для образцов из стали 45 и 40X), подсчитанные согласно кривым рис. 2, при стационарном, переменном и переменном-ступенчатом режимах нагружения равны: для гладких образцов — $\alpha = (3,3 - 3,7 - 5,6)\%$, $\beta = (15,6 - 20,9 - 42,4)\%$, $\gamma = (3,2 - 2,6 - 5,5)\%$; для шпоночных образцов — $\alpha = (2,7 - 2,1 - 1,1)\%$, $\beta = (15,8 - 3,4 - 3,4)\%$, $\gamma = (5,5 - 0,4 - 0,7)\%$. По сравнению с исходным — стационарным режимом нагружения, при переменном и переменном-ступенчатом режимах нагружения наблюдается тенденция роста значений α , β , γ для гладких образцов и тенденция снижения α , β , γ — шпоночных образцов. Относительное снижение длительных пределов выносливости гладких образцов при принятых режимах нагружения проявляется в большей степени, чем для шпоночных образцов. Благоприятное влияние статических касательных напряжений в области значительных перенапряжений можно объяснить совместным проявлением эффекта тренировки, вызванного нестационарностью нагружения, и упрочняющих процессов, протекающих под действием высоких значений σ .

Проведенные опыты показывают, что в зависимости от принятых режимов нагружения, а также отношений τ/σ , для сталей 45 и 40X длительные пределы выносливости изменяются незначительно (до 9% в сторону уменьшения). Иначе говоря, результаты опытов хорошо согласуются с теорией проф. И. В. Кудрявцева, согласно которой от наложения статических касательных напряжений пределы выносливости практически не изменяются до потери материалом статической прочности.

Реальные формы рабочих поверхностей деталей машин весьма сложны и возникновение местных напряжений в сечениях деталей часто обуславливается совместным действием нескольких концентраторов, поля напряжений которых взаимодействуют. Нами рассмотрены сравнительно простые виды наложения концентраторов: галтель — V-образный контурный надрез; круговая выточка — группа V-образных контурных надрезов. Первый вид наложения моделирует случай нанесения рисок или царапин на поверхности галтели, а второй — случай выполнения выточки с грубо обработанной поверхностью.

Для определения эффективных коэффициентов концентрации напряжений (ЭККП) комбинированных надрезов существуют следующие рекомендации:

а) $K_{1,2} = K_1 \cdot K_2$, согласно [4]; (1)

б) $K_{1,2} = K_2 + \frac{1}{2}(K_1 - 1)$, согласно [5]; (2)

в) учет максимального из действующих в сечении концентраторов; где — $K_{1,2}$, K_1 , K_2 — значения ЭККН, соответственно, комбинированного, основного и контурного надрезов;

$\beta = 0,9 - 1,1$ коэффициент эффективности наложения при усталостных испытаниях.

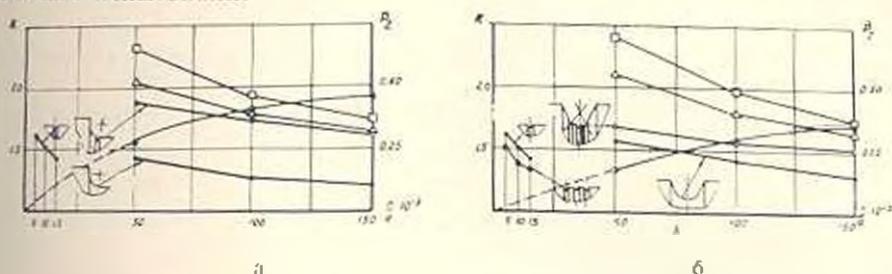


Рис. 3. Изменение ЭККН надрезов и коэфф. β в зависимости от $\frac{r}{d}$: а) сочетание «галтель — контурный надрез»; б) сочетание «выточка — группа контурных надрезов». Значение ЭККН: ● — контурных и основных надрезов; □ — комбинированных надрезов. ○, △ — комбинированных надрезов, подсчитанных согласно (1), (2). ◆ — значения β .

В рассмотренном интервале относительных радиусов надрезов $\frac{r_1}{d}$ и $\frac{r_2}{d}$ наблюдаются неравенства: $K_{1,2} > K_1$; $K_{1,2} > K_2$ (рис. 3—образцы из стали 45, $d = 20$ мм, $\frac{r}{d} = 0,45$, стационарный режим нагружения), но с усилением степени остроты надрезов значения $K_{1,2}$ и K_2 выравниваются, т. е. эффективность наложения надрезов при высокой концентрации напряжений заметно уменьшается. Аналогичная картина, согласно [4], наблюдается и при $\frac{r_2}{d} \geq 0,45$. Предложенные зависимости (1), (2) в данном интервале r_1/d и r_2/d дают завышенные результаты. Экстраполяция кривых $K_{1,2}$ показывает, что выражение (1) справедливо при $r_2/d > 0,30 - 0,35$, (2) — при $r_1/d > 0,20 - 0,25$, а рекомендация в) — при $r_1/d < 0,03$.

Относительное снижение циклической прочности образцов с комбинированными надрезами можно представить в виде:

$$\delta_{1,2} = \beta_2 \cdot \delta_1 + \delta_2,$$

где

$$\delta_{1,2} = \frac{\sigma_{-1}^2 - \sigma_{-1K_{1,2}}^2}{\sigma_{-1}^2}, \quad \delta_1 = \frac{\sigma_{-1}^2 - \sigma_{-1K_1}^2}{\sigma_{-1}^2}, \quad \delta_2 = \frac{\sigma_{-1}^2 - \sigma_{-1K_2}^2}{\sigma_{-1}^2}.$$

Откуда

$$K_{1,2} = \frac{1}{\frac{1}{K_2} - \left(\frac{1}{K_1} - 1\right) \cdot \beta_2}, \quad (3)$$

где σ_{-1}^* , $\sigma_{-1A1,2}^*$, σ_{-1A1}^* , σ_{-1A2}^* — пределы выносливости образцов, соответственно, гладких, с комбинированным, основным и контурным надрезами.

На рис. 3а, б представлены кривые $\beta_2 = f\left(\frac{r_1}{d}\right)$. Согласно [4], при

$\frac{r_1}{d} = 0,36 - 0,45$ значения β_2 убывают, что свидетельствует о восходяще-убывающем характере эффекта наложения и зависимости от степени остроты надрезов. Как видно, для случая выполнения выточки с грубо обработанной поверхностью кривая β_2 расположена несколько ниже. Это является результатом благоприятного влияния рядного расположения контурных надрезов на эффект наложения. Для интервала $0,05 \leq \frac{r_1}{d} < 0,15$, наиболее часто встречающегося в практике машиностроения, зависимость (3) благодаря введению β_2 дает достоверные значения $K_{1,2}$.

В области ограниченной выносливости с усилением степени остроты надрезов наблюдается снижение величины показателей наклонов кривых выносливости m и основных статистических параметров выносливости.

Ս. Ա. ԳԱՍՊԱՐՅԱՆ, Մ. Գ. ՍՏԱԿՅԱՆ

ՅԵՎԱՅԻՆ ԾՈՒՐԱԿ ԵՎ ԽՏԱՍԻՎ ՈՒՐՈՒՄԱՆ ՀԱՐԱՏՆԵՎ ԱԶԳԵՅՈՒԹՅԱՆ
ԳԵՒԳՈՒՄ ՊՈՂՊԱՏԵ ԳԻՎԱՅՎՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՎԵՐԱՐԵՐՅԱԼ

Ս. մ փ ո փ ո ռ լ մ

Հոդվածում քննարկվում են պողպատ 45-ից ու պողպատ 40 X-ից պատրաստված սղորկ և մակակարգվածքներով փորձանմուշների ցիկլային ամրաբյան փորձարկումների արդյունքները, որոնք նմանակում են փոխանցման մեխանիզմների լիսեռների ռատցիոնար և ամբարձիչային աշխատանքային ուժերները: Բացահայտված է ստատիկ շոշափող լարումների ազդեցությունը դիմացկունության սահմանի վրա: Ինտեգրված են բանաձևեր լարումների կոնցենարատրների էֆեկտիվ գործակցի արժեքները որոշելու համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Штеглов Н. Н. Пределы выносливости и пластические деформации сталей в некоторых случаях совместного изгиба и кручения. Сб. «Расчеты на прочность», вып. 7, Машгиз, М., 1961.
2. Гаспарян С. А., Базер В. В. Программирование режимов нагружения машин для испытаний на прочность при сложном напряженном состоянии. «Заводская лаборатория», 2, 1967.
3. Шагин М. Я. Об оценке рассеивания значений циклической прочности. «Вестник машиностроения», 2, 1965.

4. *Kawamoto M., Sehi M. Fatigue Strength of Steel Specimens With Double Notches. „Proc. 1 Japan Congr. Test. Mater. (1957, Tokyo)“, Kyoto, JSTM, 1958.*
5. *Vaganov P. D., Шишорина О. И. Эффект наложения концентраторов напряжений при действии переменных нагрузок. Сб. „Вопросы прочности материалов и конструкций“, изд. АН СССР, М., 1959.*