

ACCUMULATION OF PROGRESSING DEFORMATIONS OF THE THREADED JOINTS M16 UNDER LOW CYCLIC BENDING

M. Leonavičius , A. Krenevičius & M. Šukšta

To cite this article: M. Leonavičius , A. Krenevičius & M. Šukšta (1998) ACCUMULATION OF PROGRESSING DEFORMATIONS OF THE THREADED JOINTS M16 UNDER LOW CYCLIC BENDING, Statyba, 4:2, 124-128, DOI: [10.1080/13921525.1998.10531391](https://doi.org/10.1080/13921525.1998.10531391)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.1998.10531391>



Published online: 26 Jul 2012.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 41

PROGRESUOJANTIS DEFORMACIJŲ KAUPIMASIS MAŽACIKLIO LENKIMO VEIKIAMOSE SRIEGINĖSE JUNGTYSE M16

M. Leonavičius, A. Krenevičius, M. Šukšta

1. Įvadas

Metalinių konstrukcijų, energetinių įrenginių, didelio slėgio indų atskiriems mazgams sujungti naudojamos srieginės jungtys. Dėl mechaninio ir šiluminio sujungiamų konstrukcijų elementų poveikio srieginėse jungtyse susidaro ciklinės tampriosios-plastinės deformacijos sąlygos. Tokių jungčių patikimumas priklauso nuo įveržimo, tačiau esant tam tikram įveržimo įtempimų ir ciklinio lenkimo įtempimų dydžiui jungčių stabilumas gali būti prarastas dėl progresuojančio formos pokyčio [1, 2].

Eksperimentiniai ir teoriniai tyrimai [1-6] padeda nustatyti progresuojančio formos pokyčio sąlygas priklausomai nuo mechaninio poveikio ir temperatūros, įvertinant jų kitimo pobūdį, detalės geometriinius ypatumus, mechanines medžiagos savybes ir kitus veiksnius. Sudėtingos konfigūracijos detalėms būtina progresuojančio formos pokyčio sąlyga yra nevienalaikis maksimalių įtempimų atsiradimas įvairiuose nagrinėjamo elemento taškuose. Išorinių apkrovimų ribiniai dydžiai atsiranda dėl pasikartojančio mechaninio arba temperatūros poveikio. Įtempimų kitimo ciklas normalaus režimo sąlygomis ir pažeidžiant normalias eksploatacijos sąlygas yra darbinis ciklas, o mechaninės, šiluminės ir kitos apkrovos yra jo parametrai, kurie turi būti įvertinti norint garantuoti konstrukcijos patikimumą. Ribinis yra tas ciklas, kuris atitinka progresuojančio pokyčio pradžią, t. y. ribą tarp progresuojančio formos pokyčio ir prisitaikymo. Eksperimentinis ir analitinis ribinio būvio nustatymas padeda įvairiapusėms įvertinti galimą srieginių jungčių stabilumo praradimą ir kartu leidžia parinkti tinkamą atsargą ir ilgaamžiškumą.

2. Prisitaikymas

Remiantis teorija [7, 8] varžtinių jungčių prisitaikymas nagrinėjamas darbuose [1-6]. Statinėmis ir kinematinėmis teoremomis gauti analitiniai spren-

diniai mažai skiriasi. Kintamo tekėjimo ir progresuojančio formos pokyčio sąlygos, gautos skirtingais metodais, beveik sutampa, o tai liudija sprendinių tikslumą. Gautos išraiškos: smeigėi kaip skritulinio skerspjuvio strypui; smeigėi su vienpusiu plyšiu ir smeigėi su dvipusiu plyšiu. Laikoma, kad srieginė jungtis apkrauta ašine jėga N ir kintančiu pagal simetrinį ciklą lenkimo momentu $-M_f < M < M_f$.

Prisitaikymo diagramomis patogiau naudotis, kai jos pateikiamos santykinėmis koordinatėmis:

$$\begin{aligned} n &= \frac{N}{N_y}; \\ m &= \frac{M}{M_y}. \end{aligned} \quad (1)$$

Ribinės parametru reikšmės:

$$\begin{aligned} N_y &= \sigma_y \cdot \frac{\pi d^2}{4}; \\ M_y &= \sigma_y \cdot \frac{d^3}{6}. \end{aligned} \quad (2)$$

Kintamo tekėjimo sąlygos užrašomos taip:

$$\begin{aligned} \frac{32}{6\pi} m = 1 \quad \text{ir} \\ m = \frac{3 \left(\alpha_0 - \frac{\sin 4\alpha_0}{4} \right)}{8}. \end{aligned} \quad (3)$$

Progresuojančio formos pokyčio sąlygos užrašomos taip:

$$\begin{aligned} \frac{\pi}{\pi + \sin 2\alpha - 2\alpha} n + \frac{16r^2}{3I_{x1}} \left[\frac{1}{6} \frac{\sin^3 \alpha}{(\pi - \alpha + \sin \alpha \cdot \cos \alpha)} + \right. \\ \left. + \frac{1}{3} \frac{1 - \sin^3 \alpha}{(\pi + \sin 2\alpha - 2\alpha)} \right] m = 1; \end{aligned} \quad (4)$$

$$\frac{\pi}{(\sin 2\alpha + \pi - 2\alpha)} n + \frac{16 r^4}{9 I_x} \frac{(1 - \sin^3 \alpha)}{(\sin 2\alpha + \pi - 2\alpha)} m = 1; \quad (5)$$

$$n + m \frac{32}{3} \frac{\left(1 - \frac{\cos^3 \alpha_0}{3}\right) (1 - \cos^3 \alpha)}{\left(\alpha_0 - \frac{\sin 4\alpha_0}{4}\right) (2\alpha_0 + \sin 2\alpha_0)} = 1. \quad (6)$$

Lygtyje (3-6) kampai α ir α_0 charakterizuoja plyšio padėtį skerspjūvyje, dydžiai d ir r yra skerspjūvio parametrai, o dydžiai I_x ir I_{x1} - skerspjūvio geometriniai rodikliai.

Laikydami, kad plyšio gylio h ir skerspjūvio spindulio r santykis $k=h/r$, vienpusiam plyšiui iš lygties (4) gausime:

$$\begin{aligned} k=0, & \quad n+0,72 m=1; \\ k=0,05, & \quad 1,014 n+0,735 m=1; \\ k=0,1, & \quad 1,04 n+0,768 m=1; \\ k=0,15, & \quad 1,074 n+0,808 m=1; \\ k=0,2, & \quad 1,117 n+0,852 m=1; \end{aligned}$$

dvipusiam plyšiui iš lygties (6) gausime:

$$\begin{aligned} k=0, & \quad n+0,721 m=1; \\ k=0,05, & \quad 1,013 n+0,745 m=1; \\ k=0,1, & \quad 1,039 n+0,791 m=1; \\ k=0,15, & \quad 1,073 n+0,853 m=1; \\ k=0,2, & \quad 1,116 n+0,933 m=1. \end{aligned}$$

Kintamo tekėjimo sąlyga įvertinant k gaunama iš lygties (3):

$$\begin{aligned} k=0, & \quad m=0,589; \\ k=0,05, & \quad m=0,56; \\ k=0,1, & \quad m=0,511; \\ k=0,15, & \quad m=0,456; \\ k=0,2, & \quad m=0,398. \end{aligned}$$

Kintamo tekėjimo ribinis būvis realiose konstrukcijose, sujungtose srieginėmis jungtimis, praktiškai nesudaro. Todėl plačiau jis yra nenagrinėjamas.

Progresuojantis formos pokytis, t.y. srieginių jungčių atveju smeigės (varžto) pailgėjimas eksperimentiškai nagrinėjamas darbe [9]. Pateikti duomenys srieginėms jungtims M16, dirbančioms įveržimo ir mažaciklio lenkimo sąlygomis. Kiekvienai smeigei atskirai nustatyti mechaninių savybių rodikliai ir parinkti įveržimo ir lenkimo įtempimai priklausomai nuo takumo ribos. 1 lentelėje pateikta nagrinėjamų srieginių jungčių M16 mechaninių savybių ir apkrovimo rodikliai.

Įveržimo įtempimai buvo keičiami nuo $\bar{\sigma}_s = 0,43\sigma_y$ iki $\bar{\sigma}_s = 0,75\sigma_y$, o lenkimo įtempimai $\bar{\sigma}_b = (0,175 + 0,64)\sigma_y$. Remiantis eksperimentiniais duomenimis: įveržimo ir lenkimo įtempimais, jų kitimu deformavimo procese ir atitinkamu plyšio dydžiu, įvertintas srieginių jungčių prisitaikymas.

1 lentelė. Srieginių jungčių bandymo rodikliai

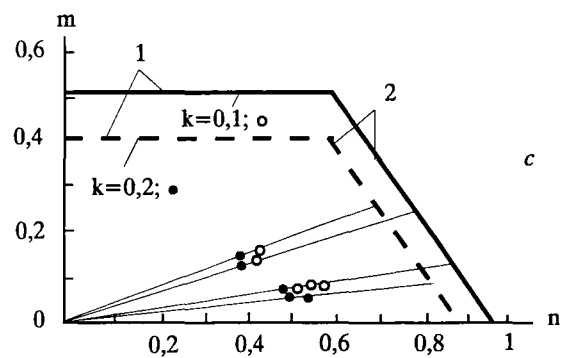
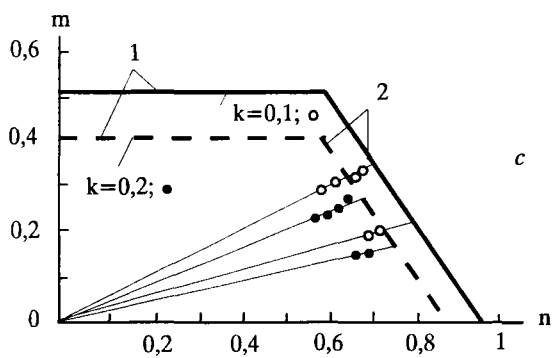
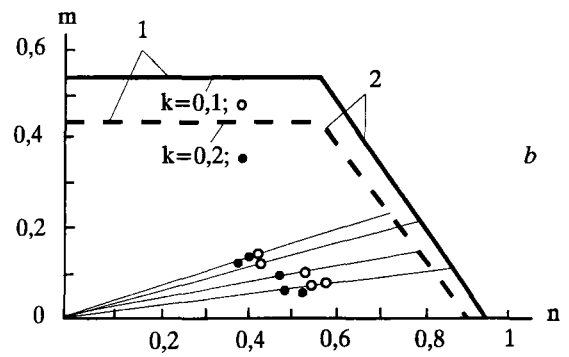
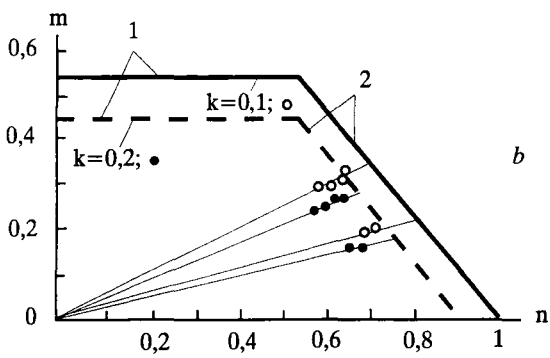
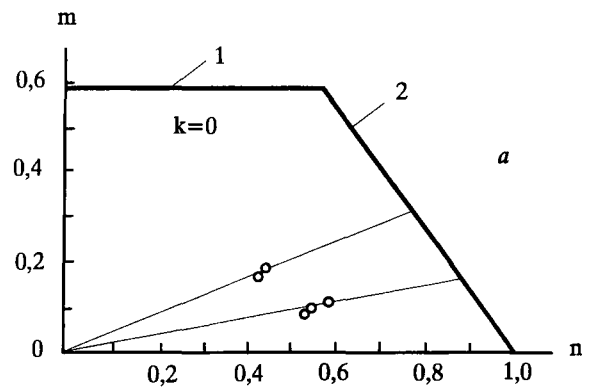
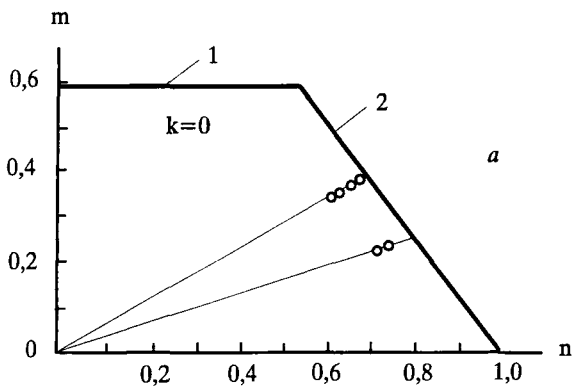
Table 1. The test index of the threaded joints

Srieginė jungtis	Takumo riba, σ_y	Įveržimo įtempimai, $\bar{\sigma}_s$	Lenkimo įtempimai, $\bar{\sigma}_b$
	MPa	MPa	MPa
1	872	0,74	0,4
2	924	0,72	0,38
3	778	0,69	0,64
4	797	0,68	0,62
5	883	0,61	0,57
6	837	0,64	0,59
7	877	0,43	0,294
8	865	0,437	0,308
9	831	0,59	0,175
10	902	0,543	0,162
11	895	0,547	0,164
12	862	0,65	0,31
13	804	0,57	0,31

1 pav. parodyta srieginių jungčių M16 padėtis prisitaikymo diagramoje, kai įveržimas neviršija $0,75\sigma_y$, o sąlyginiai suminiai įtempimai siekia $1,3\sigma_y$.

Jų apkrovimo rodikliai pateikti 1 lentelėje (srieginės jungtys Nr. 1-6). Pateikti duomenys smeigėms be plyšio pagal pradinį įveržimą ir ciklinį lenkimą parodo, kad progresuojančio formos pokyčio atsarga 1,0-1,17. Sąlygiškai laikoma, kad smeigės skerspjūvyje didėja tik vienpusis plyšys - atsargos koeficientas 1,05-1,36. Laikant, kad smeigės skerspjūvyje didėja dvipusis plyšys - atsargos koeficientas 1,02-1,19.

2 pav. parodyta srieginių jungčių M16 padėtis prisitaikymo diagramoje, kai įveržimas neviršija $0,65\sigma_y$, o suminiai įtempimai siekia $0,77\sigma_y$. Apkrovimo rodikliai pateikti 1 lentelėje (srieginės jungtys Nr. 7-11). Smeigėms be plyšio progresuojančio formos pokyčio atsargos koeficientas 1,53-1,7. Smeigėms su vienpusiu plyšiu atsargos koeficientas yra 1,62-1,8. Smeigėms su dvipusiu plyšiu atsarga yra 1,5-1,8.

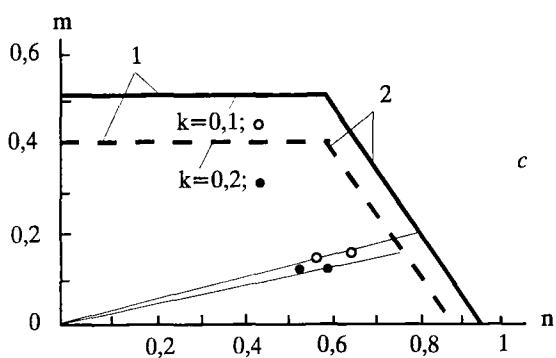
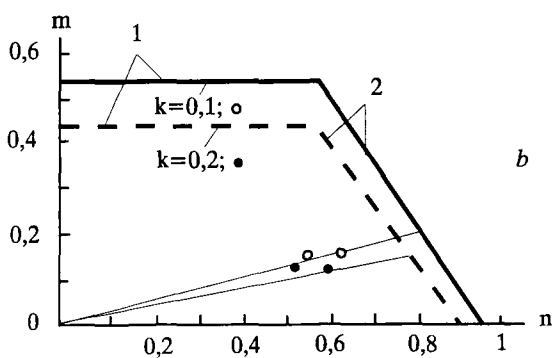
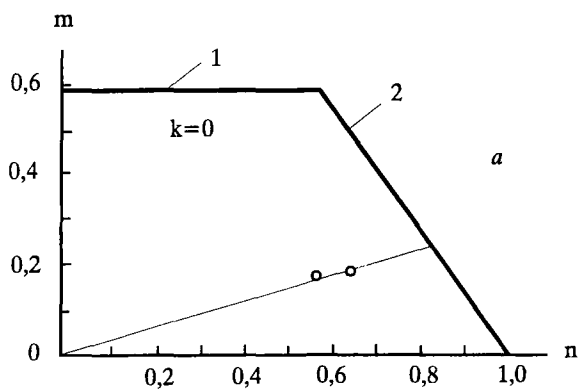


1 pav. Jungčių M16 padėtis prisitaikymo diagramoje. Įveržimas iki $0,75 \sigma_y$: a - be plyšio; b - su vienusiu plyšiu; c - su dvipusiu plyšiu

Fig 1. Loading conditions of joints M16 on the shakedown diagram. Prestress up to $0,75 \sigma_y$: a - without any crack; b - with a one-sided crack; c - with a two-sided crack

2 pav. Jungčių M16 padėtis prisitaikymo diagramoje. Įveržimas iki $0,6 \sigma_y$: a - be plyšio; b - su vienusiu plyšiu; c - su dvipusiu plyšiu

Fig 2. Loading conditions of joints M16 on the shakedown diagram. Prestress up to $0,6 \sigma_y$: a - without any crack; b - with a one-sided crack; c - with a two-sided crack



3 pav. Jungčių M16 padėtis prisitaikymo diagramoje. Įveržimas iki $0,65 \sigma_y$: a - be plyšio; b - su vienusiu plyšiu; c - su dvipusiu plyšiu

Fig 3. Loading conditions of joints M16 on the shakedown diagram. Prestress up to $0,65 \sigma_y$: a - without any crack; b - with a one-sided crack; c - with a two-sided crack

3 pav. parodyta srieginių jungčių M16 padėtis prisitaikymo diagramoje, kai įveržimas neviršija $0,65 \sigma_y$, o suminiai įtempimai siekia $0,96 \sigma_y$. Pagal šias diagramas galima palyginti jungčių prisitaikymą, kai kinta įveržimas ir beveik pastovus lenkimo momentas. Pagal 1 lentelę taip apkrautos buvo srieginės jungtys Nr. 12-13. Smeigėms be plyšio

progresuojančio formos pokyčio atsargos koeficientas 1,24-1,4; su vienusiu plyšiu - 1,26-1,47; su dvipusiu plyšiu 1,24-1,45.

3. Išvados

Eksperimentinių rezultatų, pateiktų ankstesniuose darbuose, įvertinimas prisitaikymo teoremomis leidžia nustatyti progresuojančio formos pokyčio atsargos koeficientus. Dėl pradinio srieginių jungčių įveržimo ir ciklinio lenkimo kraštiniuose smeigės (varžto) sluoksniuose sąlygiškai tamprūs įtempimai viršija takumo ribą ir gali būti kaupiamos plastinės deformacijos. Progresuojantis formos pokytis, t. y. smeigės ašinių matmenų padidėjimas, mažina įveržimo jėgą ir pakeičia skaičiuojamąsias apkrovimo sąlygas. Smeigėms be plyšio, su vienusiu ir dvipusiu plyšiu nustatytos ribinio būvio sąlygos rodo, kad mažiausia atsarga progresuojančiam formos pokyčiui yra didėjant dvipusiam plyšiu. Eksperimentinių rezultatų analizė rodo, kad srieginės jungtys laisvėja didėjant plyšiu, prisitaikydamos prie pasikeitusių apkrovimo sąlygų.

Literatūra

1. В.М. Филатов, М.-К.В. Ляонавичюс. Расчет на прочность резьбовых соединений компонентов АСУ // Труды 4-й международной конф. "Проблемы материалов при изготовлении и эксплуатации АЭС". Том 3. Санкт-Петербург, 1966, с. 141-155.
2. М.-К.В. Ляонавичюс, А.А. Спейчис. Сопротивление циклическому осевому-изгибному деформированию резьбовых соединений // Тезисы докладов и сообщений V всесоюзного симпозиума "Малоцикловая усталость - критерии разрушения и структура материалов". Волгоград, 1987, с. 194-196.
3. В. Кононов, М.-К. Ляонавичюс, М. Шукшта, В. Филатов. Применение статической и кинематической теорем для оценки приспособляемости резьбовых соединений // Mechaninė technologija, XXI. Kaunas: Technologija, 1993, с. 211-219.
4. М. Леонавичюс, А. Креновичус. Приситаikomumo ir atsparumo mažacikliam irimui varžtinėse jungtyse skaičiavimas // Mechanika, Nr. 1. Kaunas, 1995, p. 30-32.
5. М. Леонавичюс, М. Šukšta, В. Кононов. Varžto kintamo tekėjimo ir progresuojančio irimo sąlygų patikslinimas // 4-osios tarpt. conf. "Naujos statybinės medžiagos, konstrukcijos ir technologijos" straipsniai. Vilnius: Technika, 1995, III tomas, p. 226-230.
6. А. Креновичус, М. Леонавичюс. The bolt with a crack shakedown estimation by the method of additional load // Statyba, 1997, No 1(9). Vilnius: Technika, 1997, p. 74-77.

7. Д.Л. Гохфельд, О.Ф. Чернявский. Несущая способность конструкций при повторных нагружениях. М.: Машиностроение, 1979. 254 с.
8. Ю.Ю. Агкочюнас. Расчет упругопластических систем при повторных нагружениях. Вильнюс: Изд-во науки и энциклопедий, 1994. 151 с.
9. A. Krenevičius, M. Leonavičius. Srieginių jungčių M16 įveržimas ir atsparumas mažacikliam lenkimui // Statyba, Nr. 2. Vilnius: Technika, 1998, p. 117-123.

Įteikta 1998 03 10

ACCUMULATION OF PROGRESSING DEFORMATIONS OF THE THREADED JOINTS M16 UNDER LOW CYCLIC BENDING

M. Leonavičius, A. Krenevičius, M. Šukšta

S u m m a r y

In some threaded joints, over a period of operation the conditions of compression are created, most likely owing to the prestress and bending caused by external loads. For elements in the cross-section in which the stresses are distributed unevenly, some standards approve using the exceeding of nominal values of yield limit short-cyclic longevity. The greater part of experiments is carried out under the influence of axial cyclic load on a joint, and the smaller part of experiments is carried out under the action of stretching and bending. The presented data show the fatigue process within the elements the working conditions of which depend on the influence of other elements.

Results of the laboratory failure tests of the threaded joints produced from steel 25XIMΦ are used as a basis for investigation into of the stud-bolt M16. A static and kinematic theorem is used for the analysis of stress state of stud-bolt the initiation; propagation of fatigue cracks in the threaded joints is taken into account.

The increase of prestress and variable repeated loading of stud-bolt lead to the plastic deformation of certain zones of bolts. Due to such non-elastic deformation dangerous states may occur leading to deterioration of bolts.

In terms of the theory of shakedown, the analysis of experimentally tested threaded joints has been carried out in order to evaluate their stability in the process of cyclic load and also to evaluate a boundary state, where plastic deformations can be accumulated. The theory of static and kinematic shakedown provides the possibility to determine boundary states, ie the flowing of variable sign and accumulation of one-sided deformation. The conditions of shakedown are changed by the development of cracks. By means of obtained analytical expressions one can evaluate the conditions of changing variable flow and propagating form of crack at any depth from its appearance to its critical size.

According to the produced conditions of shakedown with one-sided and two-sided crack (the relation of crack depth to cross-section radius is 0; 0.1; 0.2) the state of threaded joints is present on the diagram. Using the radius slope of similar cycles, one can calculate the safety factor of shakedown. A summarized and produced by testing safety factor is of value from 1.02 to 1.8.

The investigation of threaded joints loosening mechanisms show that this process depends on the prestress, cyclic loading, crack propagations and accumulation of increasing deformations. The threaded joints adapt to circumstances.

Marijonas ŠUKŠTA. Doctor, Associate Professor. Dept of Strength of Materials. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, 2040 Vilnius, Lithuania.

Dr degree in the field of structural mechanics (1984). Research interests: analysis of elastic-plastic strain hardening structures and shakedown.