STANOVENÍ KOVACÍ SÍLY A NAMÁHÁNÍ LISU MKP 1500

Václav Dolhof, Otakar Weinberg

V referátu jsou uvedeny výsledky statického tenzometrického měření při kalibraci a dynamického měření při zápustkovém kování článků traktorových pasů z materiálu 12050 na mechanickém klikovém lisu MKP 1500. Siloměrným elementem pro měření kovací síly byla kalibrovaná ojnice lisu s tenzometry. Kromě kovací síly byla stanovena napjatost v některých kritických místech. Na základě naměřených výsledků bylo rozhodnuto o změně technologie výroby článků a o možnosti jejich výroby.

ÚVOD

Lis MKP 1500 je mechanický klikový lis klasické konstrukce, s elektrickým pohonem, jehož tuhost zaručuje masivní litý stojan, konstruovaný jako uzavřený rám. Stojan lisu je vyroben z ocelolitiny STG 45-81.3 ($\sigma_{0,2}$ = 215,8 MPa). Ojnice lisu, užitá jako siloměrný prvek, je vyrobená z materiálu ČSN 422710.1 ($\sigma_{0,2}$ = 240 MPa). Maximální zdvih lisu činí 300 mm.

Důvodem k měření byl rozpor mezi vypočtenou kovací silou pro výrobu traktorových článků a jmenovitou přípustnou silou lisu. Vypočtená kovací síla pro rozsah kovacích teplot 1050-1200°C se pohybovala v rozmezí 13,7 - 17,7 MN a přesahovala přípustnou jmenovitou sílu lisu.

Cílem tenzometrického měření bylo určení závislosti skutečné kovací síly na různých teplotách výkovků, dále stanovení napětí v některých kritických, instalaci tenzometrů přístupných místech, kde u podobného typu lisu byly identifikovány trhliny a rozhodnout o možnosti přijetí ekonomicky velmi výhodné zakázky 800 000 ks výkovků.

Kování článků sestávalo ze dvou operací. I.operace předtvarování a II.operace dotvarování s výronkem přebytečného materiálu . Dutiny pro obě operace byly vyfrézovány do jediné zápustky, umístěné pod kovadlem lisu.

Rozmístění tenzometrů se řídilo dvěma požadavky. Prvý požadavek, určit kovací sílu při jednotlivých operacích, byl řešen osazením ojnice lisu tenzometry, takže po ocejchování byla oj-

nice velmi přesným siloměrem. Na ojnici bylo umístěno 8 ks tenzometrů, zapojených do plného mostu s vyloučením ohybu. Použité zapojení umožňovalo využít maximálního zesílení měřeného signálu (2,6x) a úplnou teplotní kompenzaci. Druhému požadavku, změřit namáhání v předem určených místech stojanu, bylo vyhověno umístěním tenzometrů do zeslabených průřezů rámů s předpokladem vyššího namáhání. Tenzometry v počtu 16 ks byly umístěny v rovině, jež procházela v oblasti kovadel. Tyto tenzometry byly uvažovány rovněž jako rezerva pro určení kovací síly v případě poškození tenzometrů v pohyblivé ojnici. Další dva tenzometry byly natmeleny na nábojích rámu , v místech uložení klikového hřídele. Kompenzace byla zajištěna společným tenzometrem na volné destičce, uložené na stojanu lisu.

PŘÍPRAVA A POSTUP MĚŘENÍ, MĚŘÍCÍ TECHNIKA

Vlastnímu nalepení tenzometrů předcházela fáze odstrojení lisu pro účely měření. Místa pro tenzometry byla obvyklým způsobem připravena pro nalepení samokompenzačních tenzometrů HBM 6/120 LY 11 tmelem Z 70. Tenzometry byly kryty proti vlhkosti přípravkem SG 250. Přívodní vodiče s teflonovou izolací byly uvnitř rámu lisu chráněny proti působení teploty teflonovou trubičkou a plechovými kryty.

Nezbytností pro vyhodnocení síly v případě poškození tenzometrů na ojnici byla kalibrace signálu z ostatních tenzometrů v závislosti na síle v ojnici. Cejchování bylo provedeno siloměrnou tenzometrickou tlakovou vložkou. Závislost síly a výstupního signálu siloměru byla měřena statickým tenzometrickým můstkem MK-Hottinger při postupném zatěžování zkušebním hydraulickým lisem. Siloměrná vložka byla konstruována na jmenovité zatížení 11,8 MN (1200 t). Měřená lineární závislost cejchu byla extrapolována do jmenovité síly lisu 14,7 MN (1500 t). Před vlastním dynamickým měřením proběhlo druhé statické cejchování se zkušebním hydraulickým lisem bez siloměrné vložky až do síly 17,7 MN, při stupňovitém zatěžování 0;5,9;9,81;14,7 a 17,7 MN a dále byly změřeny poměrné deformace na zbývajících tenzometrech. Pro statické měření byla použita přepínací skříň UMK-10 a kompenzátor MK firmy HBM.

Dynamické měření proběhlo za provozu při zkušebním kování traktorových pasů při různých technologických stavech předvalků

(teplota, objem). Zatížení lisu bylo vždy excentrické vzhledem k umístění polotovarů pod kovadly. Signál byl měřen dynamickým můstkem (Siemens) a zaznamenáván zapisovačem s galvanickými smyčkami (Ultrallete). Teplota předvalku byla měřena před prvou a mezi prvou a druhou operací digitálním pyrometrem.

VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

Vypočtené hodnoty napětí ze statického měření jsou uvedeny v tabulce 1 a potvrzují symetrické namáhání stojanu lisu při cejchování. Rozborem naměřených hodnot byla vybrána nejvíce namáhaná místa pro dynamické zatěžování. Tato místa byla zapojena na dynamickou aparaturu a staticky zatěžována do síly 17,7 MN. Vzhledem k linearitě naměřených hodnot a souhlasu s předchozím cejchováním byly tyto cejchovní závislosti využity přímo k vyhodnocování dynamického měření při kování.

Dynamické měření se uskutečnilo ve dvou časově oddělených měřeních. Prvé měření 15 ks článků proběhlo při obou operacích. Předvalky byly rozměrově kontrolovány. Různou dobou ohřevu dvou skupin předvalků v plynové peci byl dán opal materiálu a tím i objem lisované součásti. Většina opálených materiálů vykazovala menší kovací sílu a také menší nebo nedostatečný výronek a z toho plynoucí nevyplněné dutiny zápustky. Tyto skutečnosti způsobují rozptyl kovacích sil při odpovídajících teplotách výkovků.

Na obr.1. je uvedena závislost kovací síla-teplota výkovku. Z obr.1. je zřejmé, že k mírnému překročení jmenovité síly lisu 14,7 MN (1500 t)došlo v několika případech již při I.operaci a téměř ve všech případech při II.operaci. Závislost mezi kovací silou a teplotou výkovku při I.operaci nelze jednoznačně stanovit, pro II.operaci však byla zjištěna přibližně lineární závislost.

Pro druhé dynamické měření byla připravena technologická změna. Pro kování byly použity přesně odlité články, které měly být mírně dotvarovány při I.operaci. Protože v době měření nebyla k dispozici zápustka pro I.operaci, byla měřena kovací síla pouze při II.operaci. Naměřené hodnoty jsou vyneseny do obr.1. a velmi dobře souhlasí s lineární závislostí z prvého měření. Při tomto druhém měření byl zjišťován vliv ustavení zápustek na

kovací sílu. Při běžném způsobu seřízení obsluhou lisu "na poslech" byla naměřena kovací síla naprázdno 5,5 MN. Při seřízení pomocí siloměru se kovací síla naprázdno pohybovala okolo 1,5 MN. Kovací síla při prvém dynamickém měření dosáhla až 21,2 MN a napětí v zeslábléčásti stojanu nepřesáhlo hodnotu 68 MPa a na čelech nábojů ložisek klikového hřídele hodnotu 96 MPa. Při druhém měření a správném seřízení klikového lisu nepřesáhla kovací síla hodnotu 15 MN a vzhledem k tomu klesly i hodnoty napětí ve stojanu. Přesnost tenzometrického měření kovací síly činila ± 3 %, hodnoty napětí byly stanoveny s přesností ± 5 %.

ZÁVĚR

Z výsledků tenzometrického měření a poznatků při zápustkovém kování článků vyplynuly následující závěry:

Při prvním měření z předvalků

- došlo k překročení jmenovité síly lisu 14,7 MN v několika případech již při první operaci a téměř u všech výkovků při druhé operaci. Při kovací teplotě 1075° činilo překročení jmenovité síly lisu 30 % a při teplotě 1020°C 44 %;
- při maximální kovací síle 21,2 MN nepřesáhlo napětí v měřených místech stojanu hodnotu 96 ±5 MPa. Tato hodnota ve vztahu k cyklickému namáhání, neznalosti stavu stroje, průběhu jeho zatěžování od uvedení do provozu v r.1959 a $\sigma_{0,2}$ materiálu stojanu (215,8 MPa) je poměrně vysoká. Na lisu se však mohou vyskytovat i místa s větším napětím;
- nedostatkem byl pomalý ohřev obou skupin předvalků v plynové peci, způsobující velký opal předvalků.

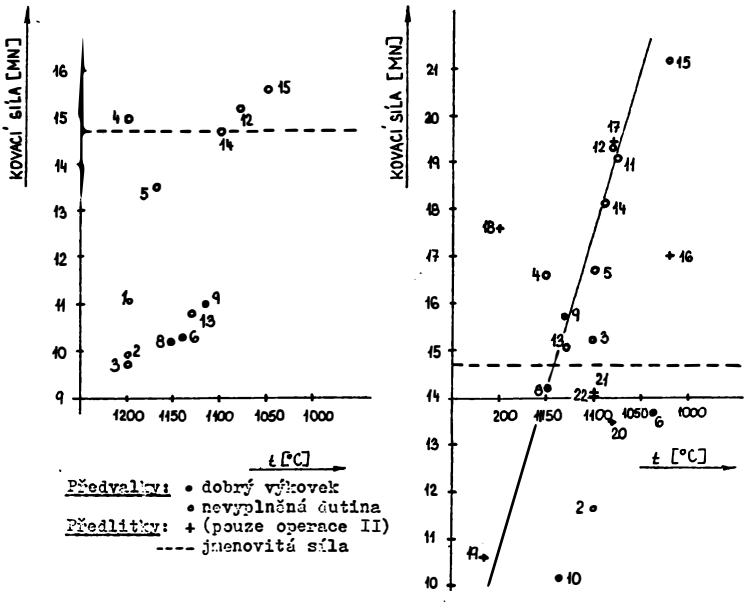
Při druhém měření z předlitků

- nedošlo při správném ustavení zápustek k překročení kovací síly 15 MN;
- byla určitá rezerva pro další snížení kovací síly v možnosti kovat z předlitků silnější články, jejichž rozhodující tolerované rozměry lze posunout k hornímu mezním rozměru.

Na základě vyhodnocení výsledků obou měření byla doporučena technologická změna při výrobě článků, tj.kování článků z předlitků a ohřev uskutečnit indukční pecí, která umožní lepší dodržení kovací teploty. Dále je nutno věnovat větší pozornost počátečnímu ustavení seřízení zápustek. Rozdíl mezi kovací silou při chodu naprázdno "dle poslechu obsluhy" a dle měření po ubrání vymezovacích podložek byl 4 MN, což činí 27 % jmenovité síly lisu.

Aplikace tenzometrie, jedné z řady metod experimentální analýzy napětí, tak ve výrobě bezprostředně poskytla nezbytné informace pro kvalifikovaná rozhodnutí o přijetí ekonomicky velmi výhodné zakázky.

Tabulka 1. Hodnoty napětí při statickém zatížení

Tenz.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
(MPa)	1	40	4	48	0	43	4	48	11
Tenz.	10	11	12	13	14	15	16	17	18
(MPa)	24	2	3	7	30	0	5	62	62

Obr.1. Závislost kovací síly na teplotě výkovku.