



IMPROVEMENT OF STATIC FEATURES OF MACHINE TOOL FRAME

L. Novotný, J. Marek*

***Summary:** Machine tools consist of work-holding and tool-holding devices. More important part of machine tools is a frame. It is usually consist of bed, column, cross rail, spindle head, table and right or left hand tool saddle. The aim of designers of the modern machine tools is to decrease deformation as more as possible. The deformation of heavy-duty machine tool frame due machine tools components weight can exceed deformation via machining forces. The resistance of machine tool frame of bending and torque relate to cross-section if it may be considered as beams. The paper deals with machine tool frame deformation in dependence on ribbing, wall thickness and material properties. In the end is an extract of FEM analysis frame of different design version.*

1. ÚVOD

Jedním z trendů, které nejen v současnosti ovlivňují oblast výrobních strojů, jsou vedle růstu obráběcích rychlostí (nazývané vysokorychlostní obrábění) požadavky na růst přesnosti výroby, které s sebou přinášejí řadu výhod pro spotřebitele výrobků, ale kladou vysoké nároky na vlastní výrobní proces a v první řadě na konstrukci výrobních strojů. Pro splnění požadavků kladených na obráběcí stroje musí tyto splnit mnohé atributy, mezi něž patří malé deformace nosných částí – rámců.

2. POŽADAVKY KLADENÉ NA RÁMY OBRÁBĚCÍCH STROJŮ

Statická tuhost, má na obráběcí přesnost významný vliv. U obráběcích strojů je charakterizována především tuhostí jejich rámců, protože tyto přenášejí silová zatížení a jsou nositeli většiny technických zařízení nezbytných pro plnění jejich funkce. Kromě statické tuhosti se na velikosti celkové deformace podílí tuhost spojů (tuhost šroubového spoje, rozmístění a počet šroubů a jejich zakomponování do stroje), styková tuhost kontaktních ploch a nezanedbatelné jsou vlivy otvorů (odlehčovací a jiné). Vhodnou konstrukcí rámu lze ovlivnit deformační chování (tvar a velikost deformací) při zatížení, která je způsobena nejčastěji vlivem řezných sil, i když u větších strojů jsou deformace způsobeny především vlivem vlastní hmotnosti stroje.

Na velikosti deformace rámců mají vliv tyto parametry:

- tvar vnější (základní) geometrie,
- žebrování (rozmístění a orientace),

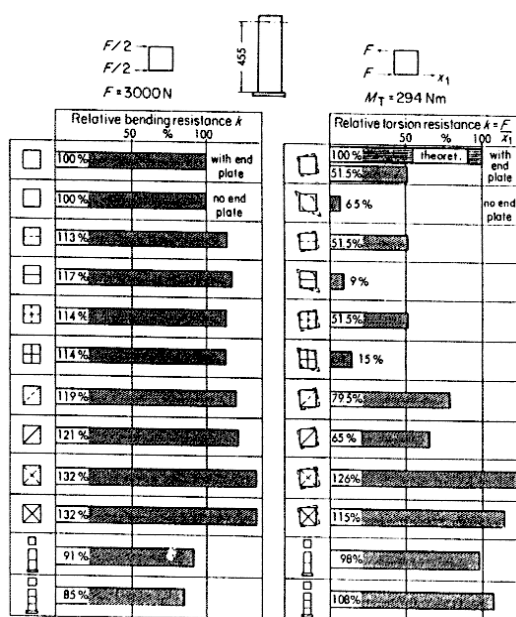
* Ing. Lubomír NOVOTNÝ, Dr. Ing. Jiří MAREK

VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, 616 69 BRNO
tel.: +420 5 41142107, e-mail: rimobul@cis.vutbr.cz, jirimarek@volny.cz

- tloušťky vnějších (obvodových) stěn a žeber,
- umístění, počet a velikost otvorů,
- materiál rámu.

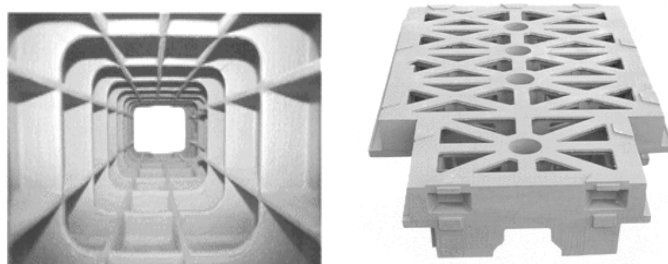
Geometrie rámu musí:

- splňovat podmínky výrobitelnosti,
- splňovat technologické požadavky,
- zohlednit odvod třísek, řezné kapaliny, rozvod médií a další.



Obr. 1 Vliv žebrování na ohybovou a torzní tuhost [1]

Obrázek č. 1 dokumentuje vlivy mezistěn a žeber na nosníku konstantního průřezu zatíženého na ohyb a krut. Nejvýhodnější se jeví diagonální a dvojitá diagonální mezistěna, avšak s rostoucím množstvím materiálu roste hmotnost výrobku – rámu a v případě svařované konstrukce roste potřebná délka svarového spoje. Na obrázku č. 2 je praktická ukázka rámu obráběcího stroje (vlevo) stejného vnějšího tvaru a zatěžovaného obdobně jako na obrázku č. 1. Konstrukce reálného rámu musí splňovat podmínky uvedené výše, navíc pokud je potřeba umístit vyvažování či pohony do útrob rámu je aplikace diagonálních (resp. napříč profilem vedených) mezistěn z ryze praktických i technologických důvodů nemožná.



Obr. 2 Příklad reálného provedení žebrování rámu obráběcího stroje

Obrázek č. 2 vpravo je ukázkou praktické realizace lože obráběcího stroje, jež v plné míře využívá poznatků o chování rámu [1]. Přesto zde opět existují odlišnosti od modelového tvaru lože.

3. MODELOVÁNÍ MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ RÁMU STROJE

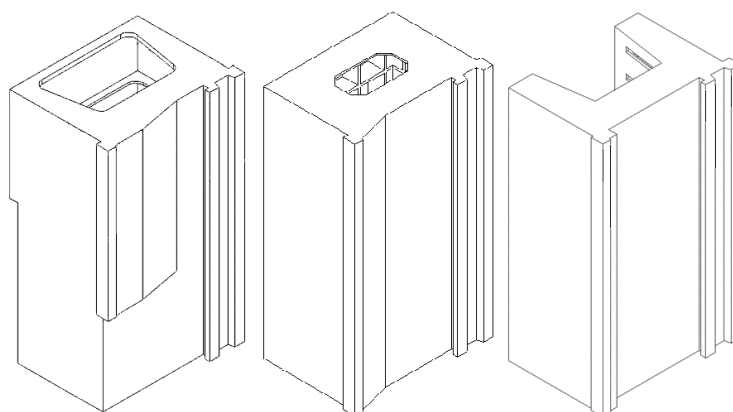
MKP analýze bylo podrobena konstrukční provedení zvoleného rámu stroje. Snahou bylo aplikovat teorii rámů obráběcích strojů na konkrétním případě. Mimo jiné také posoudit vlivy jednotlivých doporučení vyplývající ze zmiňované teorie a zvolit úpravy konstrukčního provedení rámu obráběcího stroje tak, aby měly co největší vliv na jeho deformaci. Za výpočetní program byl zvolen produkt firmy PTC Pro/MECHANICA

Pro posouzení chování rámu byl rám uvažován samostatně, odděleně od lože, spojení se základem a dalších parametrů, jako je styková tuhost spojů, tuhost šroubových spojení apod. Definované zatížení neuvažovalo vlivy příčnicku a zpevňující účinek příčnicku.

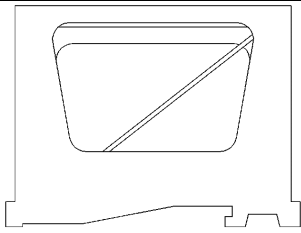
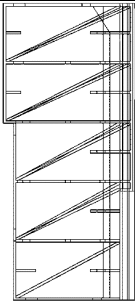
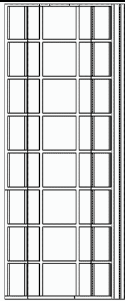
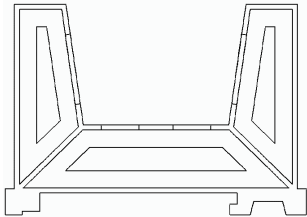
Za materiál odlitku o výšce tři metry byla zvolena litina 42 2425. Po odlehčení se navrácí do původního stavu – jedná se o chování pružné a s ohledem na materiál se jedná o lineárně pružné chování. Pro výpočet byla za materiál rámu volena litina editována z knihoven programu, která je charakterizována především hodnotou modulu pružnosti (125900 MPa). Pro zjištění hodnot deformací a napětí nebyla pro výpočet stanovena materiálová omezení (mez pevnosti apod.). Výpočty neuvažovaly výrobní nepřesnosti ani vnitřní pnutí vzniklé při výrobě stojanu.

Zatížení rámu v řádu desítek tisíc Newtonů vznikající od posuvu smykadla po příčnicku bylo uvažováno pouze v obou krajních polohách (vlevo a vpravo) a bylo aplikované na kontaktní plochy s příčnickem v jeho nejvyšší poloze. Z toho vyplývají dva výpočty pro každou z geometrických variant. Díky minimálnímu vlivu zvolené geometrie nebyly všechny (zatížení vlevo a vpravo pro každou geometrii rámu) prováděny. Upřednostněna byla z hlediska výsledků horší z variant – varianta „levá“, kdy je zatěžující síla vzdálena od vedení přibližně 700 mm.

Byly řešeny tři základní geometrické varianty rámu lišící se vnějším tvarem. Geometrická varianta ve tvaru písmene U příčného profilu díky malému vnitřnímu prostoru a potřebě technologických otvorů neposkytuje velké množství variant uspořádání žebrování. Varianty příčného průřezu rámu ve tvaru obdélníku dovolují vytvořit ve vnitřním prostoru různé mezistěny a žebrování, proto bylo navrženo několik variant a z nich vybrané byly podrobeny výpočtu deformací. Pro řešení byly určeny za podstatné tloušťky stěn a rozmístění žebrování. Nebyla uvažována zaoblení hran ani jiné detaily komplikující geometrii a byly provedeny geometrické úpravy, které souvisí se zohledněním možností programu, jež z hlediska odchylky od reálného stavu lze považovat za nepodstatné.



Obr. 3 Geometrie rámu stroje

Varianta	Geometrie	Velikost deformace [mm]
1		0,061
2		0,112
3		0,030
4		0,050

Tab. 1 Výběr z řešených tvarových variant a jim příslušející absolutní velikosti deformace

4. ZÁVĚR

Ke výraznému zmenšení deformací nedochází ve všech kontrolovaných případech. Jako důležité se jeví zamezení borcení příčného průřezu, čehož lze dosáhnout již zmiňovanými diagonálními mezistěnami. Za respektování vyrobiteľnosti lze obdobného efektu docílit příčnými žebry v přiměřené hustotě rozložené po celé délce nosníku a ve spojení s podélnými žebry bylo dosaženo uspokojivých výsledků. Zmenšení deformací však přináší všechny varianty, jejichž základem je zvětšení tloušťky obvodových stěn i žeber, což také má svá omezení.

5. REFERENCES

- [1] Weck M.: Werkzeugmaschinen – Band I, VDI Verlag, Düsseldorf, 1979
- [2] Borský V.: Základy stavby obráběcích strojů, VUT v Brně, Brno, 1991
- [3] Novotný L., Marek J.: Static analysis of the high speed three axis unit, Engineering mechanics 2000 Volume 1, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague, 2000, page 77