

METODE DE VERIFICARE A RIGIDITĂȚII SISTEMELOR TEHNOLOGICE COMPLEXE

Autor: Iu. Casian Maxim

Universitatea Tehnică a Moldovei

***Abstract:** În lucrare sunt prezentate principalele metode de verificare și de calcul a rigidității sistemelor tehnologice complexe, și anume metodele experimentale și principalele metode analitice. Deasemenea este dată o definiție clară a noțiunii de rigiditate a sistemelor tehnologice complexe.*

***Cuvinte cheie:** rigiditate, verificare, deformații, deplasări.*

1. Introducere

Orice tehnologie și proces tehnologic are ca scop un produs calitativ și precis, un lucru aproape imposibil de realizat fără o rigiditate sporită a mașinilor-unelte, utilajelor și elementelor componente. De aceea este foarte important de a crea structuri și mașini cu caracteristici de rigiditate ridicate încă din etapa de proiectare. Totodată creșterea rigidității nu trebuie să ridice nivelul cheltuielilor materiale.

Căutarea acestui punct de mijloc dintre rigiditate sporită și cheltuieli minime constă în realizarea unor investigații și verificări asupra elementelor de structură prin diferite metode și tehnici. Aceste metode au evoluat continuu, iar la momentul actual au o varietate destul de mare.

2. Rigiditatea și influența ei asupra funcționării mașinilor

Criteriul de rigiditate al mașinilor unelte de rând cu criteriul de rezistență este unul dintre cele mai importante. Rolul rigidității se află în continuă creștere, pe de o parte, datorită creșterii cerințelor față de precizie, iar pe de alta, în legătură cu oprirea creșterii modulului de elasticitate al materialelor o dată cu creșterea caracteristicilor de rezistență. În industria construcției mașinilor-unelte criteriul rigidității are un rol deosebit de important. Mașinile-unelte de precizie înaltă, trebuie proiectate mult mai masive, decât mașinile obișnuite pentru unele și aceleași forțe și puteri. Cu toate acestea, rigiditatea nu trebuie privită ca un criteriu independent. El afectează lucrul mașinii-unelte prin precizia de prelucrare, rezistența la vibrații și durabilitatea, legate cu condițiile de contact dintre piese.

Sub rigiditatea sistemului tehnologic pe o anumită axă se înțelege raportul dintre forța așchietoare pe axa respectivă și deformația elastică pe aceeași direcție:

$$j = \frac{P}{y}, N/mm \quad (1)$$

unde P – forța de deformare, N;

y – deformația, apărută de la acțiunea forței de deformare, mm.

Deformațiile elastice duc la un contact incorect dintre piese și la o înrăutățire rapidă a funcționării comune. Cea mai importantă condiție pentru o bună funcționare a rulmenților, roților dințate, transmisiilor melcate o reprezintă concentrația redusă a sarcinii, determinată la rândul ei de deformațiile elastice ale arborilor.

Eficiența în exploatare a ghidajelor este determinată în mare măsură de lipsa dezaxărilor semnificative în rezultatul deformațiilor meselor, suporturilor de către forțele de așchiere și a forțelor de strângere a semifabricatelor, și de asemenea de lipsa deformațiilor elastice ale batiului datorate instalării incorecte pe fundație, forțelor de așchiere, forțelor de greutate etc. Astfel, cea mai mare uzură a ghidajelor se observă la capetele acestora, unde apar presiuni locale semnificative, legate de deformarea meselor-ghidajelor sub acțiunea greutateaților păpușei fixe și celei mobile ale mașinei unelte. În direcția săniilor transversale și longitudinale din cauza deformațiilor mari apar tensiuni de margine ridicate care ajung la valori de 1300-1500 N/cm². Acest lucru duce la creșterea uzurii, iar în unele cazuri la apariția bavurii. Pentru unele piese, fabricate în serie mare sau în masă, cerințele tehnologice pentru rigiditate pot fi decisive. Ca exemplu, diametrele arborilor mașinilor cu producție în masă sunt determinate de posibilitatea prelucrării multicultit atât a lor cât și roților dințate care se montează pe arbori.

Deci prin urmărirea permanentă a variației acestei forțe în timpul procesului de așchiere se poate urmări continua deformație a sistemului. În ideea creșterii productivității muncii prin reducerea timpilor

necesari încărcării sistemului până când parametri reglați devin egali cu cei reali și totodată prin reducerea timpilor necesari fazei de destindere, creșterea rigidității STE și păstrarea constantă a deformației prin urmărirea și variația componente radiale a forței se impun ca niște cerințe majore în ideea optimizării procesului de rectificare.

În afara rigidității statice despre care s-a vorbit mai sus, se poate menționa și rigiditatea dinamică. Aceasta este foarte importantă în studiul corect al preciziei de prelucrare, mai ales când se au în vedere variațiile forțelor de așchiere în raport cu valorile lor nominale.

În plus mai are loc și o variație în timp, deloc neglijabilă:

$$\frac{dF_y}{d\tau} \neq 0 \quad (2)$$

Apare aici componenta dinamică ΔF_{yd} , care face ca precizia de prelucrare să depindă de caracteristica dinamică ale sistemului tehnologic elastic, determinate de rigiditatea sau cedarea dinamică ale acestui sistem.

3. Metode de verificare

Cercetarea rigidității statice se efectuează prin metode experimentale direct pe mașinile unelte și pe modele mecanice (fizice) speciale sau cu ajutorul calculului. Direct pe mașina uneltă se cercetează în general rigiditatea totală a mașinii și echilibrul deformațiilor elastice, adică componentele valorii totale a deplasării instrumentului față de piesă, determinată de deplasările individuale ale elementelor sistemului de sprijin (fig.1). Rigiditatea sumară este cercetată în scopul evaluării comparative a rigidității și a calității fabricării dintre diferite mașini unelte.

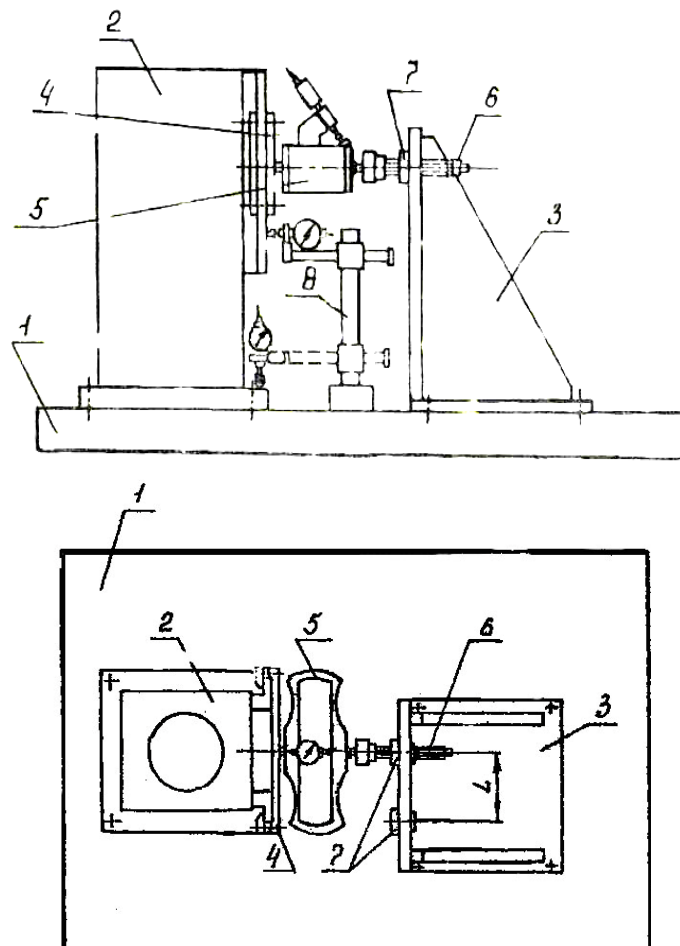


Fig.1. Stand pentru verificarea rigidității statice a modelului fizic

Balanța deplasărilor elastice este făcută cu scopul: evaluării rigidității elementelor individuale; pentru a determina efectul rigidității unor elemente asupra rigidității sumare a mașinii unelte și, ulterior, creșterea rigidității elementelor slabe, verificarea ipotezelor puse în baza calculului și simplificarea, clarificarea calculului.

În funcție de scop balanța deplasărilor poate fi făcută la diferite niveluri de detaliere. Pentru o imagine de ansamblu a distribuției deplasărilor elastice pe noduri și determinarea direcțiilor principale de creștere a

rigidității se stabilește balanța generală a deplasărilor elastice. În același timp, dispozitivele de măsurare trebuie plasate astfel ca să asigure posibilitatea determinării componentelor deplasării punctului de aplicare a forței față de deplasările nodurilor principale ale mașinii unelte.

Dacă este necesar de a îmbunătăți construcția nodurilor mașinii în sensul mării rigidității, pentru a rezuma datele despre rigiditatea elementelor și verificarea ipotezelor puse în calcule, se elaborează balanța deplasărilor elastice în detaliu. În același timp se determină componentele deplasării punctului de aplicare a forței față de deformațiile proprii în legăturile elementelor – de contact și local.

Un alt procedeu de verificare a deformațiilor o reprezintă metoda eforturilor și metoda deplasărilor din Rezistența Materialelor aplicate la calculul structurilor, barelor și corpurilor solide care sunt niște metode exacte (fig.2, a). Deci soluțiile obținute, tensiuni și deplasări, reprezintă soluțiile exacte în limitele ipotezelor admise la scrierea ecuațiilor care descriu comportarea corpurilor. De multe ori însă obținerea unor soluții exacte este fie greoaie, fie de-a dreptul imposibilă. Este cazul în special a problemelor din teoria elasticității, în plan sau în spațiu, a structurilor din plăci plane sau curbe, dar și în cazul unor bare și corpuri de o formă mai deosebită. În asemenea cazuri obținerea unor soluții aproximative este binevenită.

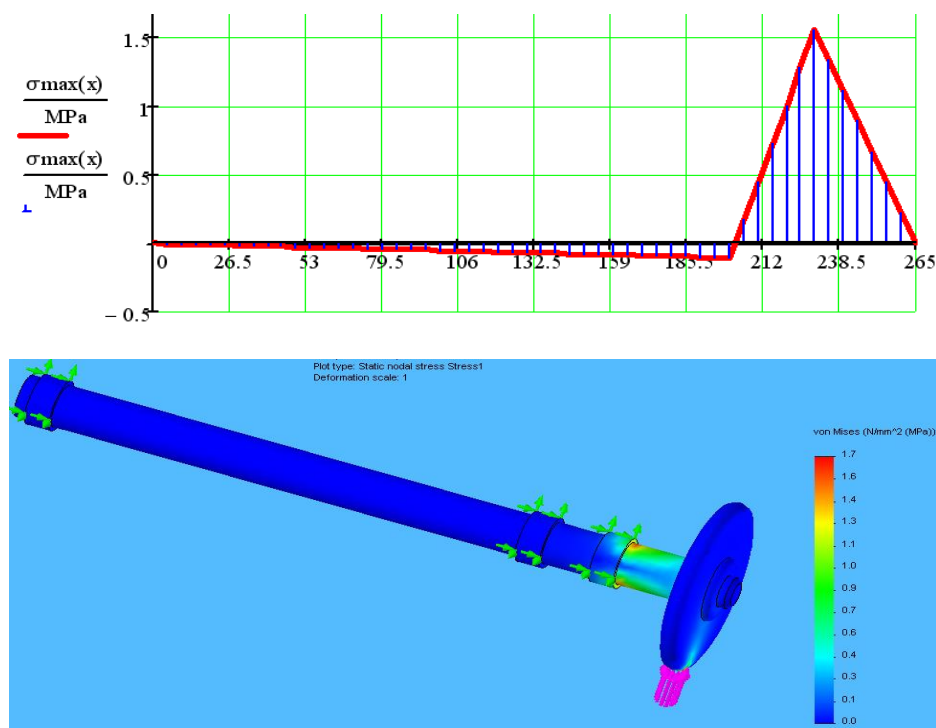


Fig.2. Distribuția tensiunilor în modelul clasic și modelul CAE

Mai puțin sunt folosite soluțiile aproximative sub formă analitică, cel mai des se obțin soluții numerice cu ajutorul calculatoarelor electronice. Existența unui număr imens de programe de calculator, apariția calculatoarelor personale au făcut ca metodele numerice să fie foarte comod de folosit și obținerea rezultatelor rapidă. Rezultatele se pot obține sub o formă foarte sugestivă și ușor de interpretat: mai puțin sub formă de tabele cu numere, cât mai ales sub formă grafică (fig.3-4).

Avantajele metodei cu elemente finite (FEM – Finite Element Model) sunt numeroase și importante. În cazul conceperii unui nou design se poate modela și studia comportamentul structurii în diverse medii de sarcină, în timp real; prin urmare, în baza rezultatelor obținute se poate modifica modelul înainte de crearea desenelor finale de execuție. Odată ce este dezvoltat modelul CAD, aplicând FEM se poate analiza designul structurii în detaliu. Utilizând FEM se poate economisi timp și bani prin reducerea numărului necesar de prototipuri. În cazul unui produs deja existent, la care apar probleme în timpul utilizării, sau care necesită o îmbunătățire, acesta poate fi analizat utilizând FEM în vederea accelerării procesului de schimbare de design și, de asemenea, pentru reducerea costurilor de proiectare.

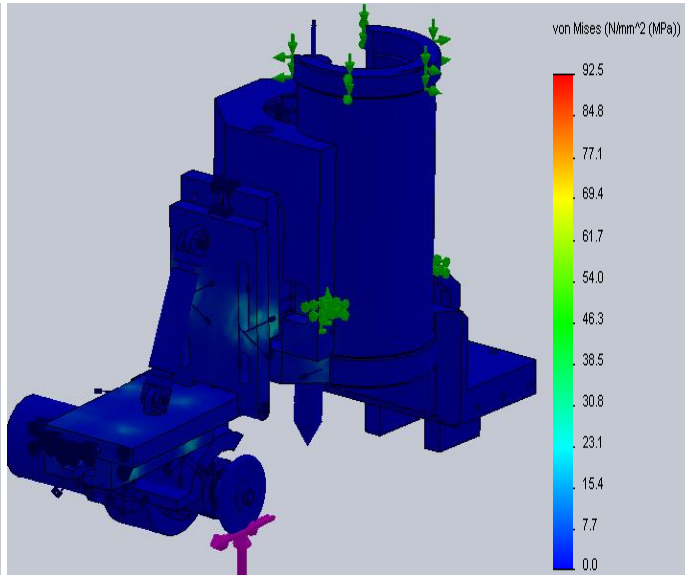
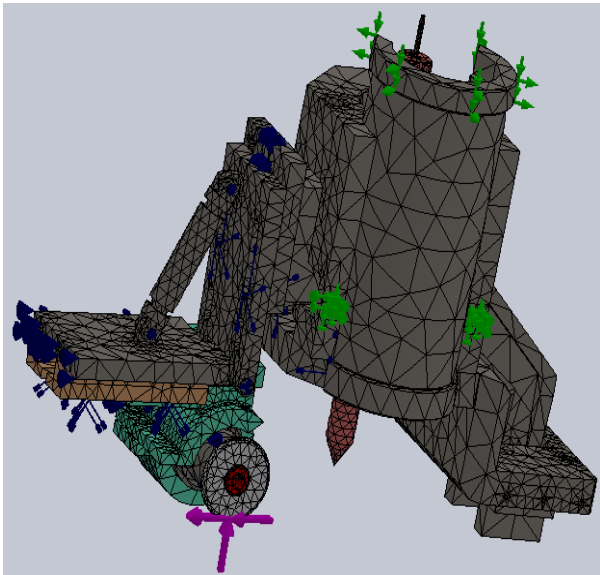


Fig.3. Discretizarea modelului CAE Fig. 4. Forma grafică a tensiunilor

De obicei valorile primite în modelul CAE și valorile primite după modelul clasic de rezistență sunt foarte aproape unele față de altele, de unde putem afirma cu certitudine că un calcul realizat prin MEF nu este cu nimic mai rău decât un calcul clasic (chiar uneori prezintă avantaje net superioare, dacă este mânuit destul de bine).

Concluzie

Importanța cunoașterii valorilor și componentelor rigidității sistemelor tehnologice se rezumă în calitatea și precizia produsului finit. Deseori aceste valori sunt scăzute, iar în rezultat apar probleme tehnologice și produs necalitativ. Dacă însă aceste valori sunt mult prea mari, crește prețul de cost al acestor sisteme. De aceea este foarte important de a găsi o valoare de mijloc, lucru aproape imposibil de realizat fără aplicarea unor metode și tehnici de verificare. Aceste tehnici trebuie studiate și aplicate atât individual, cât și combinat pentru o mai bună înțelegere a rigidității sistemelor, o caracteristică destul de complexă.

Bibliografie

1. Cercetări teoretice și experimentale privind eroarea de prelucrare cauzată de rigiditatea sistemului tehnologic la strunjire, Teză de doctorat, ing. Mihai Boca, Iași 2011.
2. Испытания и исследования металлорежущих станков : методические указания к лабораторным работам / сост. Ю. В. Кирилин. Ульяновск : УлГТУ, 2012. – 48 с..
3. Исследование жесткости технологической системы: Методические указания к лабораторной работе/ Сост. Я.Н. Отений.; –Волгоград. гос. техн. ун-т. – Волгоград, 2004. – 14 с.