BULETINUL Universităţii Petrol – Gaze din Ploieşti	Vol. LVIII No. 3/2006	27 - 32	Seria Tehnică

Successions de dimensions linéaires avec un élément compensateur fixe

Marian Neacşu, Ion Nae, Adrian C. Drumeanu, Doina Petrescu

Universitatea Petrol-Gaze din Ploieşti, Bd. Bucureşti, 39, Ploieşti
e-mail: mneacsu@upg-ploiesti.ro

Résumé

Les successions de dimensions accompagnent tant les pièces, durant le processus d'usinage, que les ensembles dont elles font partie. Dans ce travail, on propose une méthode générale de résolution en utilisant un élément compensateur fixe, méthode qui assure la précision imposée pour l'élément final avec des dépens minimes.

Mots clé: *dimension linéaire, élément compensateur, succession de dimensions.*

Introduction

Les successions de dimensions peuvent être résolues par des différentes méthodes, chaque d'entre eux ayant une efficacité maximum dans des situations spécifiques. Le choix de la meilleure méthode est un problème d'optimum technique et économique.

La méthode qui utilise un élément compensateur fixe peut être utilisée avec succès aussi pour les successions de dimensions longs (avec beaucoup d'éléments), tant que pour les successions de dimensions courtes (avec peu d'éléments), qui ont une précision élevée pour l'élément final (qui close la succession). Cette méthode est particulièrement utile pour les situations dans lesquelles, ayant un élément final très précis, les éléments components de la succession auraient été réalisé avec une précision dimensionnelle qui est soit impropre économiquement, soit impossible d'être réalisée avec les moyens techniques actuels.

Dans ce travail on propose une méthode analytique de résolution en utilisant un élément compensateur fixe, méthode qui permet de déterminer complètement touts les éléments de la successions de dimensions.

Les équations de la succession de dimensions

Soit une succession de dimensions (fig.1) formée par n+1 éléments: l'un c'est l'élément final (résultant), k éléments sont majorants et n–k sont minorants. On utilise les notations suivantes:

X_N - valeur nominale pour l'élément final (résultant) X;

X_{N_j} - valeurs nominales pour les éléments composants X_j (j=1, 2, ..., n);

T_X, EI, ES - valeurs de la tolérance et des écarts (inférieurs et supérieurs) pour l'élément résultant;

T_j, EI_j, ES_j - valeurs des tolérance et des écarts (inférieurs et supérieurs) pour les éléments composants (j=1, 2, ..., n);

X, X_j - valeurs effectives pour l'élément résultant, respectivement pour les éléments composants de la successions (j=1, 2, ..., n).

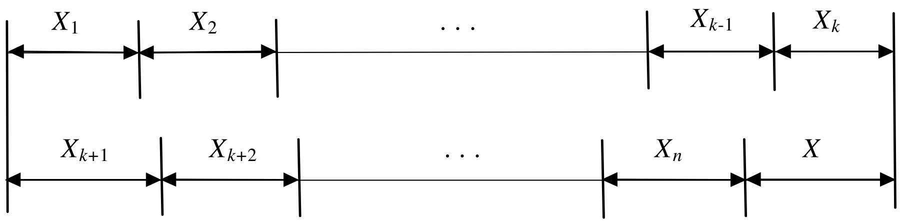

Fig. 1. Schéma pour une succession de dimensions.

L'équation de la succession de dimensions, qui donne explicitement l'élément résultant, est présentée dans la relation (1).

$$X = \sum_{j=1}^{k} X_j - \sum_{k+1}^{n} X_j \tag{1}$$

Résoudre cette succession de dimensions présume résoudre le système d'équations (2).

$$\begin{aligned}
&X_N = \sum_{j=1}^{k} X_{N_j} - \sum_{j=k+1}^{n} X_{N_j}; && (a)\\
&T_X = \sum_{j=1}^{n} T_j; && (b)\\
&ES = \sum_{j=1}^{k} ES_j - \sum_{j=k+1}^{n} EI_j; && (c)\\
&EI = \sum_{j=1}^{k} EI_j - \sum_{j=k+1}^{n} ES_j; && (d)\\
&T_j = ES_j - EI_j,\ j=1, 2, ..., n. && (e)
\end{aligned} \tag{2}$$

Pour le problème direct, quand sont connues les caractéristiques des éléments de la succession et il faut déterminer les caractéristiques de l'élément résultant, le système d'équations (2) est compatible déterminé et il a la solution (3).

$$X = X_{N+EI}^{+ES}. \tag{3}$$

Pour le problème indirect (inverse), dans lequel l'élément final est imposé et les valeurs nominales pour les éléments composants de la succession de dimensions sont connus, le système (2) devienne compatible indéterminé. Le système contienne 2n variables: les tolérances de n éléments composant la succession et l'une d'entre les écarts limites pour chaque élément (où les écarts limites pour les n éléments de la succession). D'autant plus grand est le nombre n d'éléments, d'autant plus petites sont les tolérances qui vérifient l'équation (b) du système (2). Pour obtenir des tolérances petites on utilise des procédés d'usinage très précis, qui ont des charges d'usinage grandes, impropre techniquement et économiquement. Ces inconvénients peuvent être atténuées en utilisant la méthode de l'élément compensateur.

Les caractéristiques de l'élément compensateur fixe

La base de la méthode à résoudre les successions par un élément compensateur fixe est connue: on accepte des tolérances convenables pour touts les éléments et la tolérance en outrance est éliminée par le moyen d'un élément, choisi au début, qui est l'élément compensateur. Le rôle de l'élément compensateur peut être joué soit par un élément existant, soit par un élément spécialement introduit dans la succession.

Dans toutes les situations suivantes on considère que l'élément compensateur est l'un des éléments de la succession de dimensions. La somme des autres *n*–1 éléments a une valeur nominale $X_N^{/}$, la tolérance $T_{X^{/}}$ et les écarts limites $EI^{/}, ES^{/}$. L'élément compensateur *C* a la valeur nominale C_N, la tolérance T_C et les écarts limites *EI*(*C*), *ES*(*C*). D'habitude, les tolérances adoptées pour les éléments composants de la succession sont agrandies, ainsi que la tolérance imposée pour l'élément final T_X est plus petite que la somme des tolérances de touts les éléments composants de la succession, donc

$$T_X < T_{X^{/}} + T_C . \tag{4}$$

Pour obtenir la tolérance imposée de l'élément final, on établie un nombre de *m* groupes de compensation, nombre pour qui existe l'égalité

$$T_X = \frac{T_{X^{/}}}{m} + \frac{T_C}{m} . \tag{5}$$

La tolérance obtenue pour la somme $X^{/}$ est divisée en *m* groupes de compensation et l'élément compensateur est trié aussi en *m* groupes. Pour le montage on choisi un élément compensateur de la même groupe qu'on obtient pour la somme $X^{/}$.

Les caractéristiques des groupes de compensation sont différentes en fonction du rôle que l'élément compensateur joue dans la succession de dimensions: élément majorant ou minorant.

Le compensateur est un élément majorant. On peut considérer que l'élément compensateur *C* est l'élément *k*, c'est à dire $C = X_k$. Alors, la somme des autres éléments, $X^{/}$, a les caractéristiques données par les relations (6):

$$\begin{aligned}
X_N^{/} &= \sum_{j=1}^{k-1} X_{N_j} - \sum_{j=k+1}^{n} X_{N_j} ; && (a)\\
ES^{/} &= \sum_{j=1}^{k-1} ES_j - \sum_{j=k+1}^{n} EI_j ; && (b)\\
EI^{/} &= \sum_{j=1}^{k-1} EI_j - \sum_{j=k+1}^{n} ES_j ; && (c)\\
T_{X^{/}} &= ES^{/} - EI^{/} . && (d)
\end{aligned} \tag{6}$$

Le schéma simplifié de la succession de dimensions est, dans ce cas, présenté en figure 2. Les tolérances des éléments $X^{/}$ et *C* sont divisées en *m* groupes de compensation. Pour la somme $X^{/}$, chaque groupe de compensation *i*, *i*=1, 2, ..., *m*, a les écarts limites donnés par les relations

(7), l'énumération étant faite dans le sens d'agrandissement de la dimension. Entre les écarts limites de l'élément final et les écarts limites pour les groupes de compensation ont été établies, pour les éléments $X^{/}$ et *C*, les relations (8), relations d'où sont obtenues les écarts limites des groupes de triage pour l'élément compensateur, données par les relations (9).

$$EI_i^{/} = EI^{/} + (i-1)\cdot\frac{T_{X^{/}}}{m}; \qquad (a)$$
$$ES_i^{/} = EI^{/} + i\cdot\frac{T_{X^{/}}}{m}. \qquad (b) \qquad (7)$$

$$ES = ES_i^{/} + ES(C)_i; \qquad (a)$$
$$EI = EI_i^{/} + EI(C)_i. \qquad (b) \qquad (8)$$

$$ES(C)_i = ES - EI^{/} - i\cdot\frac{T_{X^{/}}}{m}; \qquad (a)$$
$$EI(C)_i = EI - EI^{/} - (i-1)\cdot\frac{T_{X^{/}}}{m}. \qquad (b) \qquad (9)$$

L'énumération des groupes de triage pour l'élément compensateur est faite en observant la relation entre les écarts pareils de deux groupes consécutives. C'est facile à constater qu'il y a la relation $ES(C)_{i+1}] < ES(C)_i$, ainsi que l'énumération est faite dans le sens de diminution de l'élément compensateur.

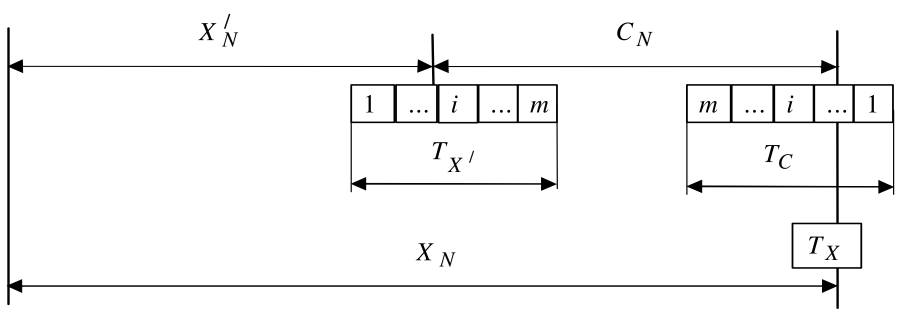

Fig. 2. Schéma simplifié avec l'élément compensateur majorant.

Pour établir le nombre *m* des groupes de compensation on utilise une condition de continuité pour la tolérance du compensateur, condition exprimée par l'égalité $EI(C)_i = ES(C)_{i+1}$, d'où

$$m = \frac{2\cdot T_{X^{/}}}{T_X}. \qquad (10)$$

La tolérance nécessaire pour l'élément compensateur peut être déterminée en utilisant les relations (5) et (10), d'où

$$T_C = T_{X^{/}}. \qquad (11)$$

Le compensateur est un élément minorant. On peut considérer que l'élément compensateur *C* est l'élément *n*, c'est à dire $C = X_n$. Alors, la somme d'autres éléments, $X^{/}$, a les caractéristiques donné par les relations (12):

$$X_N^{/} = \sum_{j=1}^{k} X_{N_j} - \sum_{j=k+1}^{n-1} X_{N_j}\,; \qquad (a)$$
$$ES^{/} = \sum_{j=1}^{k} ES_j - \sum_{j=k+1}^{n-1} EI_j\,; \qquad (b) \qquad (12)$$
$$EI^{/} = \sum_{j=1}^{k} EI_j - \sum_{j=k+1}^{n-1} ES_j\,; \qquad (c)$$
$$T_{X^{/}} = ES^{/} - EI^{/}\,. \qquad (d)$$

Le schéma simplifié de la succession de dimensions est, dans ce cas, présenté en figure 3. Les tolérances des éléments $X^{/}$ et C sont divisées en m groupes de compensations.

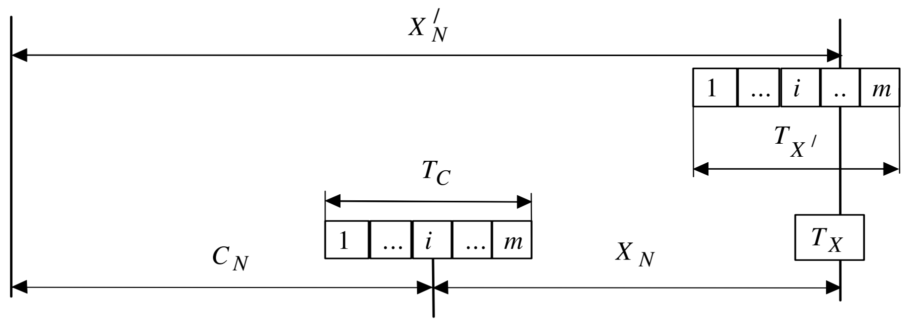

Fig. 3. Schéma simplifié avec l'élément compensateur minorant.

Pour la somme $X^{/}$, chaque groupe de compensation i, i=1, 2, ..., m, a les écarts limites données par les relations (7), l'énumération étant faite dans le sens d'agrandissement de la dimension. Entre les écarts limites de l'élément final et les écarts limites pour les groupes de compensation ont été établies, pour les éléments $X^{/}$ et C, les relations (13), relations d'où sont obtenues les écarts limites des groupes de triage pour l'élément compensateur, données par les relations (14).

$$ES = ES_i^{/} - EI(C)_i\,; \qquad (a)$$
$$EI = EI_i^{/} - ES(C)_i\,. \qquad (b) \qquad (13)$$

$$ES(C)_i = EI^{/} + (i-1)\cdot\frac{T_{X^{/}}}{m} - EI\,; \qquad (a)$$
$$EI(C)_i = EI^{/} + i\cdot\frac{T_{X^{/}}}{m} - ES\,. \qquad (b) \qquad (14)$$

L'énumération des groupes de triage pour l'élément compensateur est faite en observant la relation entre les écarts pareils de deux groupes consécutives. C'est facile à constater qu'il y a la relation $ES(C)_{i+1} > ES(C)_i$, ainsi que l'énumération est faite dans le sens d'agrandissement de l'élément compensateur.

Pour établir le nombre m des groupes de compensation on utilise, dans ce cas aussi, la condition de continuité pour la tolérance du compensateur, condition exprimée par l'égalité $ES(C)_i = EI(C)_{i+1}$, pour obtenir la relation (10) et, par suite, la relation (11).

Conclusions

- La méthode qui utilise un élément compensateur fixe peut être utilisée pour les successions de dimensions de montage. Dans ce travail ont été établies les relations analytiques pour résoudre facilement les succession, même en utilisant un produit informatique (logiciel, soft). Les relations de calcul ont été établies par une résolution algébrique des équations de la succession de dimensions.
- L'analyse a été effectuée pour les deux positions que l'élément compensateur occupe dans la succession: élément majorant ou minorant.
- Les pas nécessaires pour résoudre la succession de dimensions sont:
  - identifier l'élément final *X*;
  - établir l'élément compensateur *C* et sa position dans la succession de dimensions (élément majorant ou minorant);
  - choisir les tolérances convenables T_j pour les autres éléments composants de la succession;
  - établir la valeur nominale, la tolérance et les écarts limites de la somme $X^{/}$, par les relations (6) ou (12), aussi que la tolérance de l'élément compensateur, par la relation (11);
  - déterminer le nombre *m* des groupes de compensation, les écarts limites pour les groupes de triage de l'élément compensateur, par les relations (9) et (14), et l'énumération des groupes de triage (*C* est élément majorant ou minorant).
- Il faut choisir des tolérances raisonnables (pas très grandes) pour les éléments composants de la succession ainsi que le nombre *m* de groupes ne soit pas exagéré.
- L'élément compensateur est usiné aussi avant le montage, on fait son triage en groupes de compensation et au montage est introduit le compensateur nécessaires (de la même groupe que la somme $X^{/}$).

Bibliographie

1. Antonescu N.N., Nae I., Petrescu M.G., Gherman G.N. - *Toleranţe şi control dimensional*, vol. II, Editura Universităţii din Ploieşti, 1999.
2. Lăzărescu I.D., Şteţiu E.C. - *Toleranţe, ajustaje, calcul cu toleranţe, calibre*, Editura Tehnică, Bucureşti, 1984.
3. Neacşu M. - *Metrologie, toleranţe şi control dimensional*, Editura Universităţii din Ploieşti, 2005.

Lanţuri de dimensiuni liniare cu element compensator fix

Rezumat

Lanţurile de dimensiuni însoţesc atât piesele, în procesul lor de fabricaţie, cât şi ansamblele din care fac parte. În această lucrare se propune o metodă analitică generală de rezolvare folosind metoda compensatorului fix, metodă care asigură precizia prescrisă cu cheltuieli minime.