ZAPP VOTRE PARTENAIRE POUR LES MATERIAUX DE LA NOUVELLE GENERATION

ZAPP

SOLUTION DES PROBLEMES POSES PAR LES **VIS D'EXTRUSION** ET LES **GROUPES DE PLASTIFICATION** A L'AIDE DES ALLIAGES REALISES PAR **METALLURGIE DES POUDRES**

MZF

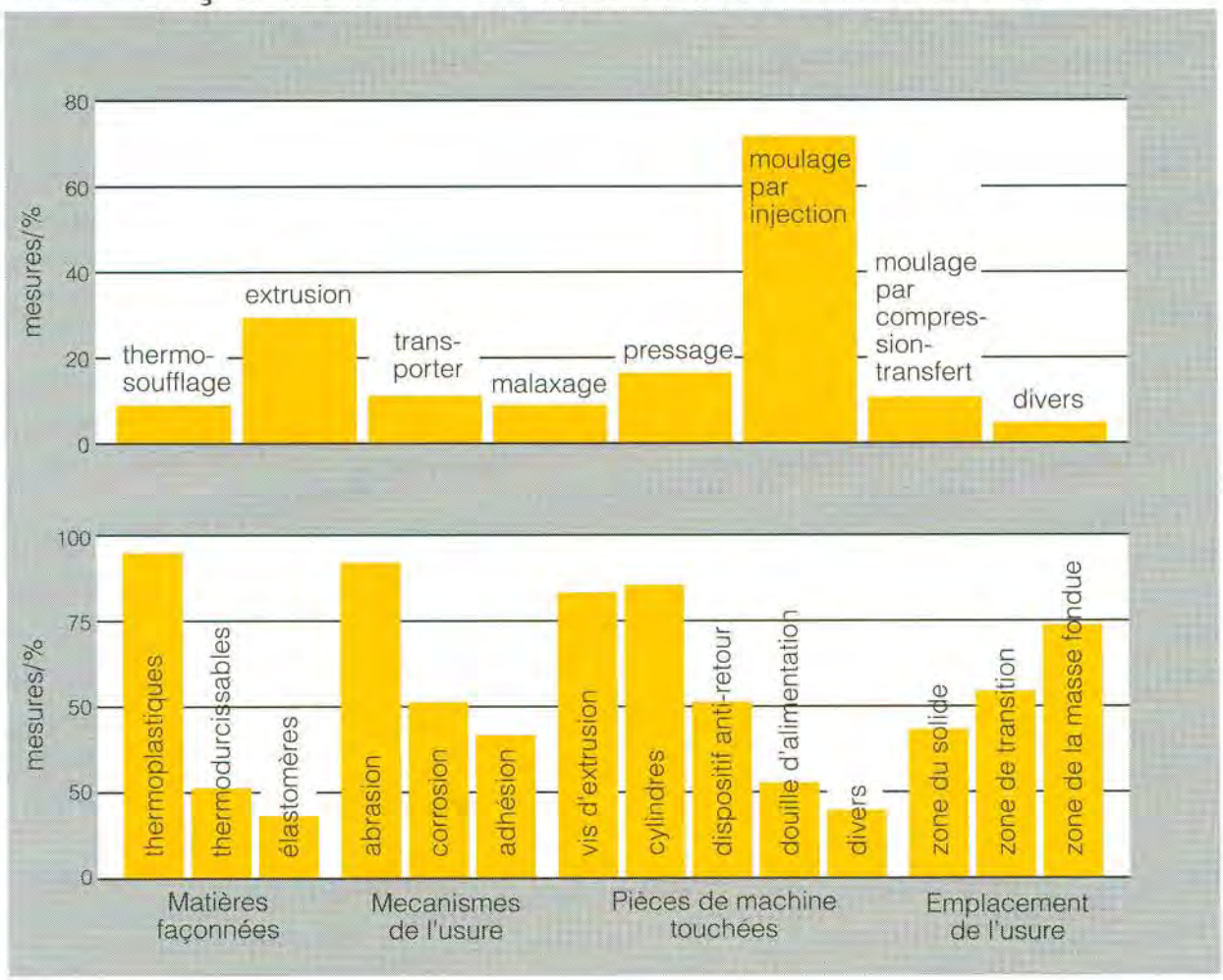
SOLUTION DES PROBLEMES POSES PAR LES **VIS D'EXTRUSION** ET LES **GROUPES DE PLASTIFICATION** A L'AIDE DES ALLIAGES REALISES PAR **METALLURGIE DES POUDRES**

K.Peichl
Robert Zapp / Ratingen

®CPM est une marque déposée propriété de la Crucible Industries USA

Par suite des développements et des innovations dans le domaine des matières thermoplastiques visant une amélioration de la résistance chimique, de la stabilité thermique à court et à long terme ainsi que de la rigidité et de la ténacité, on ajoute à ces matières de plus en plus des additifs de nature extrêmement variées. De plus dans les machines utilisées pour l'élaboration et la transformation des matières plastiques les pièces en contact avec la matière sont soumises à des fatigues de plus en plus élevées en raison de la croissance constante des débits exigés. Une enquête réalisée par le Deutschen Kunststoff Institut (DKI = Institut National allemand pour les matières plastiques) montre nettement que, parmi les opérations de façonnage des matières plastiques, le moulage par injection doit être considéré comme responsable N°1 des problèmes d'usure, cela en particulier avec les matières thermoplastiques. Voici résumés sous forme de figure les résultats de l'enquête sur le traitement et le façonnage des matières plastiques: C'est surtout l'importance croissante des matières thermoplastiques résistant aux températures élevées avec des températures de façonnage de l'ordre de 450°C qui exige pour les machines des alliages garantissant, en plus des propriétés mécaniques correspondantes, une grande résistance aux hautes températures, et cela en service continu.

VOICI RESUMES SOUS FORME DE FIGURE LES RESULTATS DE L'ENQUETE SUR LE TRAITEMENT ET LE FAÇONNAGE DES MATIERES PLASTIQUES:



CELA PEUT SE RESUMER PAR LA FORMULE SUIVANTE:

Additifs fortement abrasifs et corrosifs tels que p. ex:
Verre (sous forme de fibres ou de billes)
Carbonate de calcium (craie, calcaire)
Silicates (sable, quartz)
Oxydes métalliques (oxyde de Ti/chrome)
Poudres céramiques ou métalliques
Equipement en produits de protection contre l'inflammation (produits de décomposition tels que p. ex. oxyde carbonique, chlore, gazeux hydrogène halogéné)

+

L'augmentation des débits et des températures de façonnage entraînent une augmentation des contraintes

Accroissement constant des problèmes d'usure

Un type de contrainte particulièrement intensive, qui prend une importance de plus en plus grande, est la corrosion. Ce problème, désigné également sous le nom de corrosion par érosion, se manifeste de préférence dans la zone de la masse fondue de la matière plastique. Les produits déclenchant ce phénomène sont représentés par des additifs tels que les produits ignifugeants et les produits de décomposition tels que le chlore gazeux et l'hydrogène halogéné etc. En dehors des pièces d'usure bien connues telles que les vis d'extrusion et les cylindres, l'usure attaque en particulier les dispositifs anti-retour et les douilles d'alimentation. Ce sont les dispositifs anti-retour qui subissent les fatigues les plus importantes. Ici se manifestent tous les types de contraintes provoquant l'usure (usure par frottement à sec et frottement humide) qui sont renforcées encore par la vitesse d'écoulement plus élevées en ce point (usure par érosion).
Les propriétés de résistance mécanique des matériaux employés sous des températures de l'ordre de 450 °C et des pressions allant jusqu'à 2400 bar jouent donc un rôle important. Pour le façonnage de matières thermodurcissables, les principaux facteurs influençant l'usure parmi les paramètres sont **la pression, la température, la vitesse de cisaillement** et **le taux de réticulation**.
La charge par usure augmente de façon drastique avec la teneur en additifs anorganiques durs.
Des études ont montré qu'une faible addition de poudre de quartz (≈1%) dans une matière plastique provoque une augmentation du taux d'usure atteignant un facteur de 6. Comme produits à action corrosive, on peut citer: L'ammoniac, les acides organiques, le phénol libre ainsi que les durcisseurs et accélérateurs. Pour ces problèmes nous vous donnons les moyens de recourir aux alliages fortement alliés réalisés par la métallurgie des poudres qui vous permettront de les solutionner. En effet la métallurgie des poudres offre la possibilité de fabriquer des pièces de machines soumises à des contraintes très élevées ceci avec des alliages spécifiques impossibles à réaliser par les procédés classiques. Les aciers fabriqués par le procédé de la métallurgie des poudres (pulvérisation par atomisation de l'acier fondu en creuset - vitesse de refroidissement: 10^5 K/s - sous azote, ce qui permet d'obtenir des particules d'acier non oxydées, taille moyenne des grains de poudre 60 µm, avec une composition chimique constante) sont compactés dans des capsules par compression isostatique à chaud sous 1180 °C et env. 1000 bar pour donner des blocs homogènes d'acier qui sont ensuite amenés aux dimensions voulues par forgeage ou laminage. Après recuit on peut procéder à l'usinage.
Résultat: Un produit final ne présentant pas de décarburation avec une microstructure à dispersion fine et des carbures sphéroïdaux répartis en conséquence, d'une taille max. de 3µm.

1/COMPOSITION CHIMIQUE DES ALLIAGES REALISES SELON LA METALLURGIE DES POUDRES en % du poids

Matériau	C	Cr	Mo	V	Nb
CPM 10V	2,45	5,25	1,3	9,75	
CPM 9V	1,78	5,25	1,3	9,00	
CPM T 440V	2,15	17,50	0,5	5,75	
ZAPP SUPRACOR	3,75	25,00	3,0	7,00	3,00

(phase d'essai MPL 1)

Grâce à l'emploi spécifique dans l'industrie des matières plastiques de ces aciers à hautes performances fabriqués selon la métallurgie des poudres on a pu augmenter d'une façon radicale la durée de vie des vis d'extrusion, des cylindres et des dispositifs anti-retour dans les presses d'injections ainsi que dans les extrudeuses. La conséquence logique consiste en une économie considérable pour l'utilisateur. Les produits semi-finis que nous avons en stock dans nos entrepôts sont usinés à leurs dimensions d'utilisation. Les propriétés mécaniques telles que: **Résistance à la traction - Limite d'élasticité - Résistance à la torsion - Résistance à la torsion ondulée - Résistance à la flexion - Module d'élasticité** présentent une grande importance et ont déjà été mentionnées. Les valeurs on été déterminées à la température ambiante, ainsi que dans la plage des températures d'utilisations pour le moulage par compression-transfert (voir tableaux 2/3+4).

2/ DURETE, RESISTANCE A LA TRACTION, RESISTANCE A LA FLEXION ET RESISTANCE A LA TORSION D'ACIERS SPECIAUX TREMPES ET REVENUS

Propriétés mécaniques à la température ambiante

Flex. semi-plastique: $\sigma_{el.-pl.} = \frac{2\,M_f}{3W}$

	Dureté HRC	Résistance à la traction σ_B (MPa)	Résistance à la flexion (semi-plastique) $\sigma_{f\,pl-el}$ (MPa)	Résistance à la torsion τ_t (MPa)	Résistance à la torsion ondulée τ_{tsch} (MPa)
CPM REX M4	62-63	2706	2624	1564	970
CPM REX M4	64-65	2896	2680	1674	1038
CPM 9V	52-53	1835	1991	1060	658
CPM 9V	55-56	2060	2280	1191	739
CPM 9V	57-58	2230	2490	1289	800
CPM 10V	61-62	2551	2467	1475	925
CPM 10V	62-63	2635	2510	1523	964
CPM T440V	56-57	2080	1464	1202	746
CPM T440V	58-59	2205	1574	1274	790
Mat. N° 1.4112	56-57	2040	1421	1179	731
Mat. N° 1.2379	62-63	2550	1580	1570	1050

3/ RESISTANCE A LA FLEXION ET RESISTANCE A LA TORSION D'ACIERS SPECIAUX TREMPES ET REVENUS

Propriétés mécaniques à la température ambiante /
Essai de flexion: avec charge en 4 points

(M_f = moment fléchissant / W = moment d'inertie axial)

Flex.-él.: $\sigma_{el.} = \frac{M_f}{W}$ Flex. semi-élastique: $\sigma_{el.\,pl.} = \frac{2}{3}\,\frac{M_f}{W}$

	Dureté HRC	Tensions de flexion (Nmm^{-2}) élastique	semi-plastique	Limite d'élasticité (Nmm^{-2})	Flexion de l'éprouvette (mm)
CPM REX M4	62-63	3936	2624	2773	>0,5
CPM REX M4	64-65	3992	2680	2997	<0,5
CPM 9V	52-53	2986	1991	1700	5,0
CPM 9V	55-56	3612	2408	1655	7,5
CPM 9V	57-58	3735	2490	1968	5,5
CPM 10V	60-62	3701	2467	2460	<1,0
CPM T 440V	56-57	2046	1464	1039	0,9
CPM T 440V	59-60	2360	1574	1163	1,2
Mat. N° 1.4112	56-57	2393	1559	716	2,2
Mat. N° 1.2767	55-56	3858	2572	1208	8,5
Mat. N° 1.2379	62-63	2304	1495	1140	1,2

Les résultats de ces tableaux, démontrent que les alliages réalisés selon **la métallurgie des poudres** sont supérieurs aux matériaux employés jusqu'à présent dans ce secteur.
Raison: Microstructure finement dispersée avec une matrice ductile (taille des grains 5-7 µm) avec teneur en C adaptée de façon optimale à la formation des carbures spéciaux, c'est ainsi p. ex. que pour le **CPM 9V une teneur de 1,78% C pour une teneur de 9,0% en poids de V donne une teneur de 0,25%C dans la matrice;** la teneur résiduelle en C se trouve liée dans les carbures spéciaux à haute résistance à l'usure (microdureté du VC: env. 2800 HV). Ces alliages, réalisés par métallurgie des poudres, offerts par la ROBERT ZAPP WERKSTOFFTECHNIK pour ce secteur de l'industrie se distinguent par une excellente résistance à l'usure (pour des températures jusqu'à 500°C) ainsi qu'une très bonne résistance à la corrosion (CPM T 440V et ZAPP SUPRACOR). Les essais effectués par la ROBERT ZAPP WERKSTOFFTECHNIK en collaboration avec l'INSTITUT MAX-PLANCK à Düsseldorf sur les métaux ferreux concernent la résistance à l'usure en combinaison avec d'excellentes propriétés mécaniques, démontrent la nette supériorité de ces alliages par rapport aux aciers offerts jusqu'à présent dans ce secteur de l'industrie (v. à ce sujet le tableau 3a)

3a/ RESULTATS DE L'ESSAI D'USURE

Valeur en % rapportée au carbure métallique WC-Co 8 (=100%)

Matériaux réalisés par la métallurgie des poudres	Dureté	%	Résistance au choc sur barreau entaillé/Joule (1 J=1 N/m 0,1019 kgm)
CPM T 440 V	59 HRC	28 +/-1	22
	56 HRC	26 +/-1	30
CPM 9 V	58 HRC	48 +/-1	52
	56 HRC	46 +/-1	65
CPM 10 V	60 HRC	56 +/-1	35
ZAPP SUPRACOR	41-42 HRC	53 +/-2	64 après compression isostatique à chaud
	53 HRC	65 +/-2	34
	65 HRC	83 +/-2	14
AISI D7	61 HRC	18 +/-1	20

Comparaison avec les matériaux classiques

1.4112	57 HRC	2,4	35
1.2379	59 HRC	2,4	31
1.3344	64 HRC	22 +/-1	42

RESISTANCE A LA CORROSION

La mesure de la **perte de poids** dans une solution de Na-Cl de concentration normale (saturée d'air) a donné les résultats suivants:

CPM T 440 V	à celui du **1.4112** à celui du **1.4122**	inférieur de 13% supérieur de 50%
ZAPP SUPRACOR	présente une bonne résistance à la corrosion dans les milieux oxydants, alcalins, faiblement ou fortement acides. Il présente en outre une excellente résistance vis à vis des attaques de la corrosion inter-cristalline (essai de Strauss).	
Définition du PH	mesure de la concentration des ions d'hydrogène < 7 acide 7 neutre > 7 alcalin	

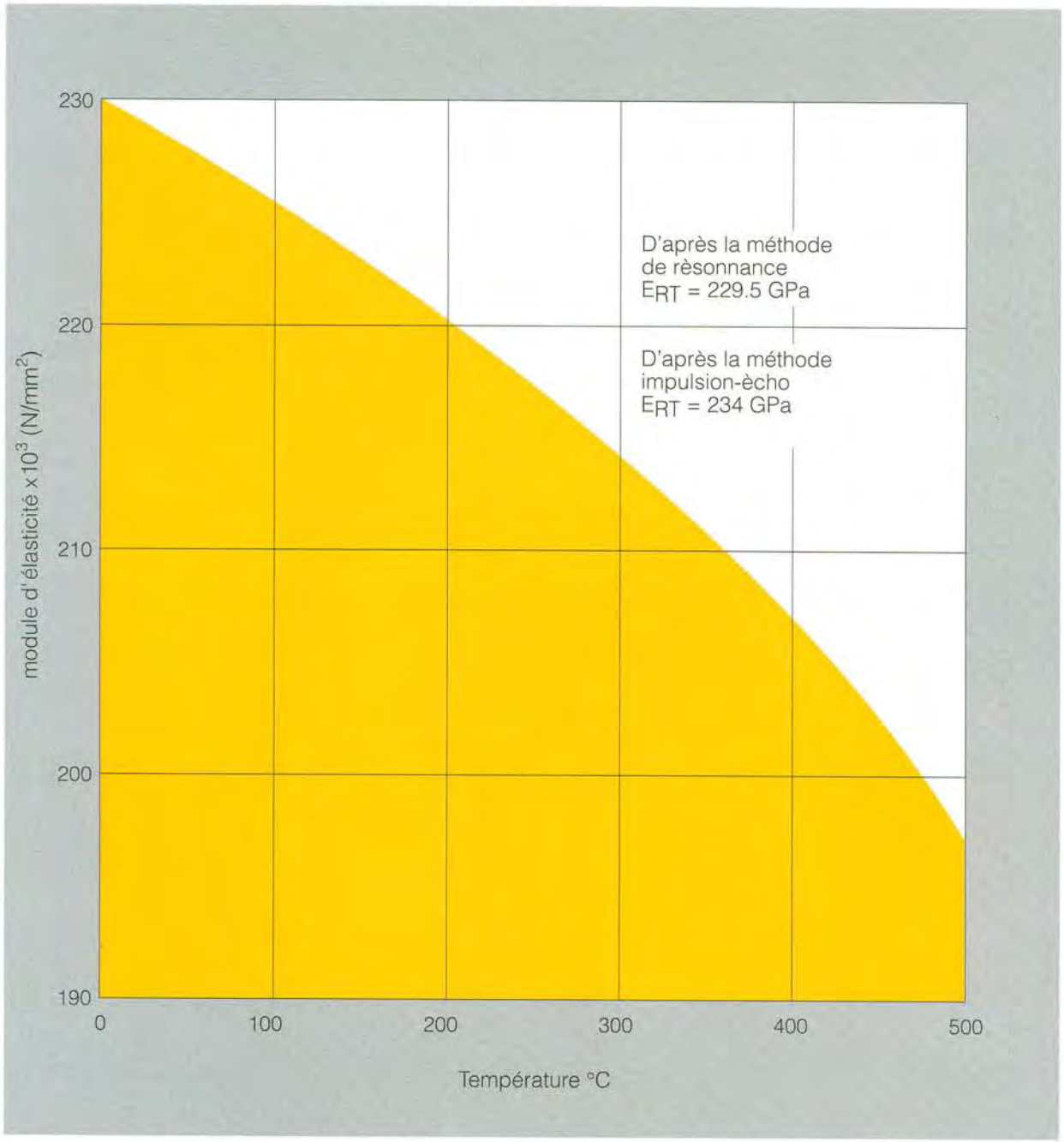
MODULE D'ELASTICITE

en fonction de la température
(de la température ambiante à 500 °C)
Erreur sur les mesures:
+/- 3%

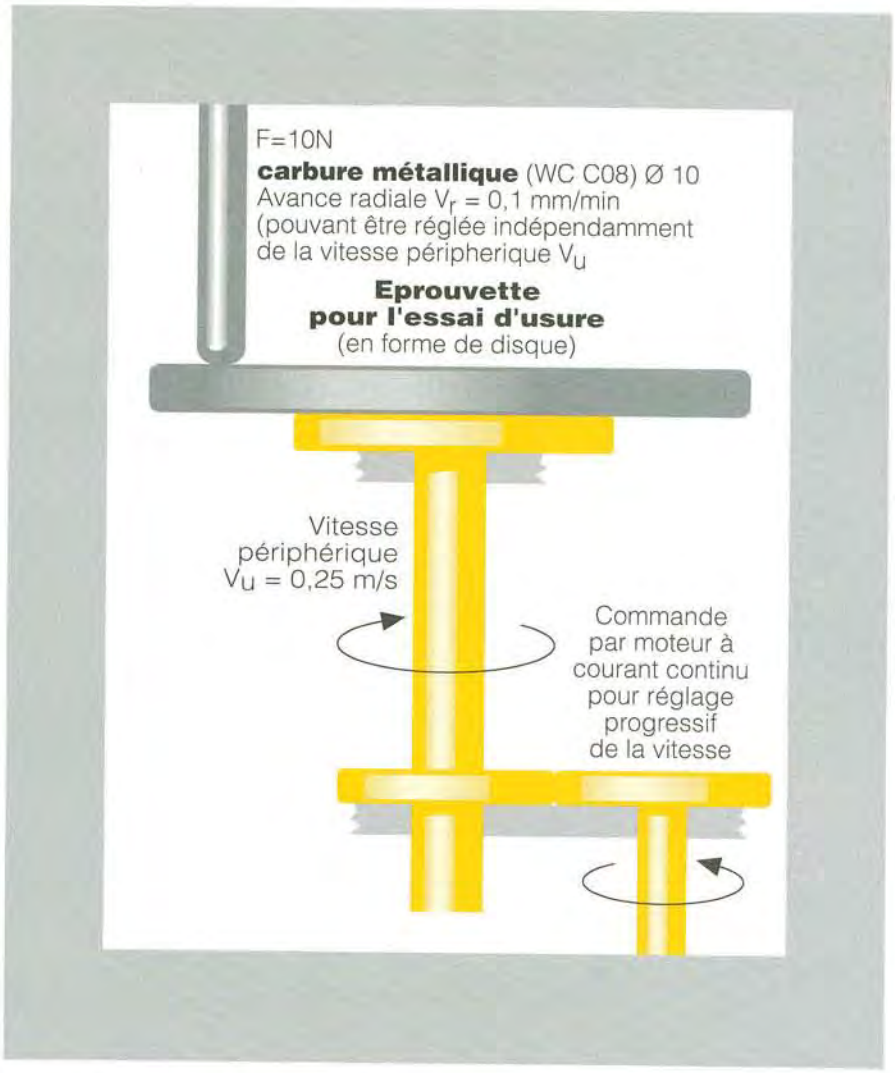
Température °C	CPM 9V	CPM 10V	CPM T440
20	E = 228 GPa	E = 228 GPa	E = 218 GPa
100	E = 226 GPa	E = 226 GPa	E = 216 GPa
200	E = 223 GPa	E = 225 GPa	E = 213 GPa
300	E = 220 GPa	E = 221 GPa	E = 210 GPa
400	E = 216 GPa	E = 218 GPa	E = 198 GPa
500	E = 191 GPa	E = 195 GPa	E = 184 GPa

Remarque: 10 GPa ≙ $\frac{1}{9{,}81}$ 10^4 kp/mm² 10 GPa = 10^4 N/mm² 10 GPa = 10^6 N/cm²

VARIATIONS DU MODULE D'ELASTICITE DU MATERIAU **ZAPP SUPRACOR**



ESSAI D'USURE
représentation schématique



3b/ COMPARAISON DE LA COMPOSITION DES MATERIAUX
en % du poids

Analyse	C	Cr	Mo	V	W	Nb
CPM T440V	2,15	17,50	0,50	5,75		
CPM 9V	1,78	5,25	1,30	9,00		
CPM 10V	2,45	5,25	1,30	9,75		
ZAPP SUPRACOR	3,75	25,00	3,00	7,00		3,00
AISI D7	2,35	12,00	1,00	4,00		
1.4112	0,90	18,00	1,20			
1.2379	1,55	12,00	0,70	1,00		
1.3344	1,20	4,00	5,00	2,90	6,40	

Comme déjà mentionné, les performances de ces matériaux dans une plage de température relativement élevée, présentent le plus d'intérêt.

Nous avons déterminé les valeurs des propriétés mécaniques ci-après au cours d'essai de longue durée:

4/ DURETE ET VALEURS DE RESISTANCE A 500 °C

essai de revenu de longue durée

Traitement de revenu	Dureté en HRC	Résistance à 500 °C		
Mat. N° 1.2379				
Température d'austénitisation: 1080 °C				
3 x 2 h à 520 °C	61-62	Dureté	47-48	HRC
1100 h à 400 °C	61-62	Résistance à la traction δ_t	1220	MPa
1000 h à 500 °C	47-48	Résistance à la compression (limite de refoulement δ_d)	860	MPa
		Résist.à la torsion ondulée τ_o	360	MPa
		Résist.à la flexion alternée τ_{fa}	470	MPa
CPM T 440 V				
Température d'austénitisation: 1070 °C				
180 °C	58-59	Dureté	41-42	HRC
1100 h à 400 °C	≈ 58	Résistance à la traction δ_t	1100	MPa
1000 h à 500 °C	41-42	Résistance à la compression (limite de refoulement δ_d)	880	MPa
		Résist.à la torsion ondulée τ_O	350	MPa
		Résist.à la flexion alternée τ_{fa}	460	MPa
CPM 9 V				
Température d'austénitisation: 1120 °C				
3 x 2 h à 540 °C	56-57	Dureté	50-51	HRC
1100 h à 400 °C	≈ 56	Résistance à la traction δ_t	1350	MPa
1000 h à 500 °C	50-51	Résistance à la compression (limite de refoulement δ_d)	1100	MPa
		Résist. à la torsion ondulée τ_o	380	MPa
		Résist. à la flexion alternée τ_{fa}	550	MPa
CPM 10 V				
Température d'austénitisation: 1150°C				
3x2h à 540 °C	62-63	Dureté	55-56	HRC
1100 h à 400 °C	62-63	Résistance à la traction δ_t	1660	MPa
1000 h à 500 °C	55-56	Résistance à la compression (limite de refoulement δ_D)	1310	MPa
		Résist. à la torsion ondulée τ_O	595	MPa
		Résist. à la flexion alternée τ_{fa}	830	MPa
ZAPP SUPRACOR				
Température d'austénitisation: 1180°C				
3x2 h à 560 °C	63-64	Dureté	61-62	HRC
1100 h à 400 °C	63-64	Résistance à la traction δ_t	2050	MPa
1000 h à 500 °C	61-62	Résistance à la compression (limite de refoulement σ_d)	1620	MPa
		Résist.à la torsion ondulée τ_o	780	MPa
		Résist.à la flexion alternée τ_{fa}	980	MPa

Pour compléter mentionnons encore les propriétés à **300 °C** de l'acier **CPM 9V** réalisé par métallurgie des poudres.
(essais de revenu de longue durée)

Dureté de travail	55-56	HRC
Résistance à la traction σ_t	1600	MPa
Résistance à la compression (limite de refoulement) $\sigma_{p\,0,2}$	1400	MPa
Résist. à la torsion ondulée τ_p	560	MPa
Résist. à la flexion alternée σ_{fa}	720	MPa

Afin d'obtenir des performances élevées avec les alliages indiqués (quote-part des carbures >30% en volume) il faut:

a) **donner aux pièces des machines une excellente qualité de surface** (ce qui réduit considérablement les risques de rupture par fatigue) et

b) **faire subir à chaque pièce un traitement thermique approprié** (filetages et pièces d'accouplement: 40-45 HRC)

Exemple:
Répercussion de la qualité de surface: Avec le **CPM 10V**, traité pour une dureté de 60-62 HRC on a obtenu selon la qualité de surface les valeurs suivantes:

Classe de rugosité	Tension de flexion (Nmm-2) élastique	semi-plastique	Limite d'élasticité (Nmm-2)
N9	2221	1480	1476
N7	3146	2097	2091
N4	3701	2467	2460

Flexion élastique: $\sigma_{el.} = \frac{Mf}{W}$ Flexion semi-plastique: $\sigma_{elpl} = \frac{2}{3}\frac{Mf}{W}$

(M_f = moment fléchissant / W = moment d'inertie axial)

Les coefficients de dilatation ainsi que les données concernant la conductivité thermique jusqu'à 500°C sont connus pour tous les matériaux mentionnés et peuvent être mis à votre disposition sur demande. Les alliages à hautes performances réalisés par la métallurgie des poudres sont soumis à des limitations naturelles au fait des possibilités de la technique de la trempe. Cela signifie que des vis d'extrusion d'une longueur totale de 1.900 mm env. représentent la limite supérieure permettant encore un traitement thermique optimal. Les valeurs que nous avons déterminées à l'échelle du laboratoire sont aussi significatives pour la pratique industrielle, comme nous le démontre les performances qui nous ont été communiquées par des utilisateurs:

Cylindres/douilles	
Matériaux de la machine	PBTP avec 30% de fibres de verre et produits ignifugeants
1.8550	1.000-1.400 heures
1.2379	200 heures
1.4112	2.500 heures
Bi-métal (moulage centrifuge)	2.700 heures
CPM 10V	**8.473 heures** Limite d'utilisation lorsque l'usure atteint 0,1 mm

PRESSE A INJECTION DEMAG

Vis d'extrusion Ø 38 mm	
Matériaux de la machine	PA 6.6 avec 30% de fibres de verre et produits ignifugeants
1.2601	7-8 mois
CPM 10V	**16 mois** aucune usure n'est décelable, la vis est en parfait état de marche

PRESSE A INJECTION MAURER M 100

Vis pour extrusion de PCV	
1.2436 et 1.4112	
CPM T 440V	tenue **4 à 5-fois plus** élevée jusqu'à la formation de brûlures (machine de test)

PRESSE A INJECTION ENGEL

Dispositif anti-retour	
Matériaux de la machine	PA 6.6 avec 35% de fibres de verre et produits ignifugeants
1.8550	400 heures
1.2379 (D2)	1.000 heures
CPM 10V (pointe) **CPM 9V** (bague)	3.000 heures (usure déterminée: 0,03 mm– la pièce continue à fonctionner)
Dispositif anti-retour ø 45 mm	
Matériaux de la machine	PA 6.6 avec 50% de fibres de verre
1.2379	2 semaines
1.2380 (D7)	3 semaines
ZAPP SUPRACOR	**7 mois**

ROBERT ZAPP WERKSTOFFTECHNIK

Ces informations techniques sont soumises au droit d'auteur. Toute reproduction, quelle que soit (même par ordinateur) est strictement interdite sans autorisation spéciale.