

**Occasions
de pratiquer
l'efficacité énergétique
dans l'industrie
canadienne
du caoutchouc**



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada



ASSOCIATION CANADIENNE DE
L'INDUSTRIE DU CAOUTCHOUC

THE RUBBER ASSOCIATION OF CANADA

**Un projet conjoint de
l'Association canadienne de l'industrie du
caoutchouc,
de Ressources naturelles Canada
et du
Programme d'économie d'énergie
dans l'industrie canadienne (PEEIC)**

Occasions de pratiquer l'efficacité énergétique dans l'industrie canadienne du caoutchouc



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada



ASSOCIATION CANADIENNE DE
L'INDUSTRIE DU CAOUTCHOUC
THE RUBBER ASSOCIATION OF CANADA

Occasions de pratiquer l'efficacité énergétique dans l'industrie canadienne du caoutchouc

Publié par :
l'Association canadienne de l'industrie du caoutchouc
Pièce 308
89, Queensway West
Mississauga (Ontario) L5B 2V2
Téléphone : (905) 270-8322
Télécopieur : (905) 270-2640
Courrier électronique : rac@inforamp.net

Occasions de pratiquer l'efficacité énergétique dans l'industrie canadienne du caoutchouc est un projet conjoint de :
l'Association canadienne de l'industrie du caoutchouc, Ressources naturelles Canada et du Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC)
Assistance technique : Tire Technologies Inc.
Supervision : Comité de l'environnement de l'Association canadienne de l'industrie du caoutchouc
Direction artistique : Beyond Words Inc.

© Association canadienne de l'industrie du caoutchouc

Tous droits réservés. Toutes reproductions, mises en mémoire dans un système documentaire ou transmissions en totalité ou en partie de cette publication par quelque procédé que ce soit, notamment sous formes électronique et mécanique ou par photocopie ou enregistrement, sont interdites sans la permission écrite au préalable de l'Association canadienne de l'industrie du caoutchouc.

ISBN : 0-662-25757-X
Numéro au catalogue : M92-137/1997F

Also available in English under the title : Energy Efficiency Opportunities in the Canadian Rubber Industry



Imprimé sur du papier recyclé
avec de l'encre végétale



IMPRIMÉ AU CANADA

Table des matières

| | |
|--|----|
| Avant-propos | i |
| I — Introduction | 1 |
| II — Chiffrer les coûts de l'énergie..... | 5 |
| Coûts de l'électricité | 5 |
| Coûts du gaz naturel et du mazout | 7 |
| Récapitulation des coûts du service public | 7 |
| III — Équipements consommateurs d'énergie..... | 9 |
| IV — Conseils pour économiser l'énergie | 11 |
| A : Réduire les coûts des services publics de distribution d'énergie électrique | 11 |
| B : Entreposage des matières premières..... | 14 |
| C : Mélangeage | 16 |
| D : Transformation (malaxeurs, calandres et extrudeuses) | 21 |
| E : Cuisson et vulcanisation | 25 |
| F : Débris, déchets et matériaux à réusiner..... | 30 |
| G : Entreposage des produits finis | 32 |
| H : Chaudières et distribution de la vapeur | 33 |
| I : Air comprimé..... | 38 |
| J : Refroidissement de l'eau | 40 |
| K : Moteurs électriques | 42 |
| L : Enveloppe des bâtiments..... | 44 |
| M : Système CVC | 45 |
| N : Éclairage | 47 |
| V — Systèmes de contrôle et de commande de l'énergie | 49 |
| Facteurs de conversion | 51 |

| | |
|--|----|
| Renseignements | 53 |
| Gouvernements provinciaux | 53 |
| Services publics d'électricité | 54 |
| Services publics de gaz naturel | 55 |
| Liste de vérification..... | 57 |
| Réduction des dépenses en électricité..... | 57 |
| Entreposage des matières premières | 57 |
| Mélangeage..... | 58 |
| Transformation (malaxeurs, calandres et extrudeuses) | 60 |
| Cuisson/vulcanisation | 61 |
| Débris, déchets et réusinage | 61 |
| Entreposage des produits finis | 62 |
| Chaudières et distribution de la vapeur..... | 62 |
| Air comprimé | 63 |
| Eau de refroidissement..... | 64 |
| Moteurs électriques..... | 64 |
| Enveloppe des bâtiments | 65 |
| Systèmes CVC | 65 |
| Éclairage | 66 |

Avant-propos

Au nom du Groupe de travail du Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC) de l'Industrie de fabrication du caoutchouc, l'Association canadienne de l'industrie du caoutchouc s'est adressée à Tire Technologies Inc. pour recueillir et analyser les informations relatives à l'énergie industrielle dans le secteur de la fabrication du caoutchouc au Canada et pour évaluer les possibilités de pratiquer l'efficacité énergétique.

Le PEEIC compte 19 groupes de travail représentant les différents secteurs industriels du Canada. Le Groupe de travail de l'industrie du caoutchouc comprend le Comité de l'environnement de l'Association canadienne de l'industrie du caoutchouc.

Les Groupes de travail du PEEIC tiennent lieu de centres de coordination. Ils ont pour mandat de cerner le potentiel d'efficacité énergétique et les occasions d'amélioration, d'établir des objectifs d'efficacité énergétique, d'étudier et de traiter les obstacles ainsi que d'élaborer et de mettre en œuvre des stratégies pour atteindre ces objectifs.

Le présent guide constitue une démonstration pratique de l'engagement de l'industrie canadienne de fabrication du caoutchouc pour réduire la production de gaz à effet de serre. Cet engagement est essentiel pour notre bien-être. Pour les membres que nous comptons dans le secteur manufacturier, les bonnes habitudes de consommation d'énergie sont indissociables des bonnes pratiques d'affaires. Cet ouvrage a pour objet d'aider tous les fabricants de produits de caoutchouc à déployer des efforts soutenus pour la conservation de l'énergie et une gestion efficace de l'environnement.

L'utilisation de dénominations sociales et (ou) commerciales ne vise pas à promouvoir un quelconque produit ou système commercial.

I - Introduction

Cet ouvrage vise à procurer aux fabricants de produits de caoutchouc un guide d'information qui les aidera à définir les possibilités d'améliorer l'efficacité énergétique de leurs installations et de leurs procédés. Il leur donnera également des idées pour réduire les coûts de l'énergie et leur procurera une liste de questions qu'ils pourront utiliser lors d'une vérification énergétique de leurs installations.

Statistique Canada a publié les données suivantes sur les coûts de l'énergie du secteur canadien du caoutchouc pour l'année 1994.

| Secteurs | Nombre d'établissements | Coûts de combustibles et d'électricité |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|
| Pneus et chambres à air | 14 | 41 160 000 \$ |
| Tuyaux en caoutchouc et courroies | 27 | 7 670 000 \$ |
| Autres produits de caoutchouc | 134 | 34 470 000 \$ |
| Total de l'industrie | 175 | 83 300 000 \$ |

La possibilité de réaliser des économies d'énergie dépend de plusieurs facteurs. Les estimations ci-dessous peuvent servir de lignes directrices générales pour une évaluation initiale :

- Fabricant important avec programme de gestion d'énergie :
5 % à 15 %;
- Petit fabricant sans programme de gestion d'énergie :
10 % à 30 %.

Le tableau ci-dessous, qui se sert des données de Statistique Canada ci-dessus, constitue un guide d'économies potentielles annuelles pour un fabricant type.

**Économies potentielles avec des réductions de coûts de 10 %, 20 % et 30 %
(données de 1994)**

| Secteurs | Coût moyen de l'énergie par établissement | Réduction de 10 % | Réduction de 20 % | Réduction de 30 % |
|--------------------------------------|---|----------------------|----------------------|----------------------|
| Pneus et chambres à air | 2 940 000 \$ | 294 000 \$ | 588 000 \$ | 882 000 \$ |
| Tuyaux en caoutchouc et courroies | 284 100 \$ | 28 410 \$ | 56 820 \$ | 85 230 \$ |
| Autres produits de caoutchouc | 257 200 \$ | 25 720 \$ | 51 440 \$ | 77 160 \$ |
| Total de l'industrie | 476 000 \$ | 47 600 \$ | 95 200 \$ | 142 800 \$ |

Il suffirait que l'ensemble de l'industrie canadienne du caoutchouc réalise des économies d'énergie de 10 % pour que les coûts de l'énergie de ce secteur, établis en se basant sur les volumes et les prix de l'énergie estimés pour l'année 1997, soient réduits de dix millions de dollars par an. Ajoutons qu'il s'agit là d'un objectif prudent pour les deux ou trois prochaines années.

L'industrie du caoutchouc offre plus de possibilités d'économie d'énergie que beaucoup d'autres secteurs. Observons simplement ce qu'il advient d'un morceau de caoutchouc naturel de sa réception à l'usine jusqu'à ce qu'il la quitte sous forme de produit fini. Combien de fois est-il chauffé et refroidi avant d'être transformé en produit fini ? La réponse donne une idée de l'ampleur des possibilités d'économies offertes.

Le tableau ci-dessous présente les économies potentielles par opération, pour deux usines de taille différente.

| Économies annuelles potentielles | | |
|--|---|--|
| | Usines dont les coûts d'énergie s'élèvent à environ 300 000 \$/an | Usines dont les coûts d'énergie s'élèvent à environ 3 000 000\$/an |
| Opérations de l'usine | | |
| A. Puissance maximale appelée de la charge hors pointe | 10 200 \$ | 21 000 \$ |
| B. Entreposage des matières premières | 1 800 \$ | 9 000 \$ |
| C. Mélangeage | 9 000 \$ | 60 000 \$ |
| D. Transformation (malaxeur, calandre, extrudeuse) | 4 200 \$ | 30 000 \$ |
| E. Vulcanisation | 7 800 \$ | 24 000 \$ |
| F. Rognures, déchets et reprises | 9 000 \$ | 45 000 \$ |
| G. Entreposage des produits finis | 1 200 \$ | 6 000 \$ |
| H. Chaudières | 3 600 \$ | 15 000 \$ |
| I. Air comprimé | 3 600 \$ | 15 000 \$ |
| J. Eau de refroidissement | 2 400 \$ | 12 000 \$ |
| K. Moteurs électriques | 2 400 \$ | 30 000 \$ |
| L. CVC | 3 000 \$ | 18 000 \$ |
| M. Éclairage | 1 800 \$ | 15 000 \$ |
| Économies estimées | 60 000 \$* | 300 000 \$** |

Ce tableau ne constitue qu'un guide. Ces résultats peuvent varier considérablement selon l'installation

Remarques :

* Pour une entreprise de taille inférieure sans programme de gestion d'énergie ou avec un programme minimum.

** Pour une entreprise de taille supérieure avec un programme de gestion d'énergie.

Chaque unité de production devrait établir un programme d'économies d'énergie. Il serait préférable que l'ingénieur d'usine prenne la responsabilité du programme, car il connaît l'usine et l'équipement utilisé. De plus, la technologie du caoutchouc influant considérablement sur les besoins énergétiques dans les procédés de fabrication, il est préférable que le chimiste ou l'ingénieur responsable d'établir les conditions de mélangeage et de vulcanisation aide l'ingénieur d'usine en ce qui a trait à la partie du programme s'appliquant aux opérations de transformation.

II - Chiffrer les coûts de l'énergie

Un programme d'économies d'énergie devrait se solder par un plan d'action consistant en des mesures à court, moyen et long terme. Le programme, tout comme les ressources requises pour sa mise en œuvre, devrait être appuyé et approuvé par la haute direction de l'entreprise. On devrait vérifier régulièrement si le programme progresse selon les prévisions; celui-ci devrait faire l'objet d'une mise à jour annuelle.

Les chapitres suivants procureront quelques conseils sur la façon de cerner les possibilités d'économies d'énergie. Lisez-les, puis effectuez une vérification générale de la consommation d'énergie dans vos installations. Il est préférable de confier cette vérification à des personnes ayant des connaissances approfondies de l'industrie du caoutchouc ainsi que de solides capacités en gestion de l'énergie. Notons qu'il est parfois possible d'obtenir un soutien financier du gouvernement ou des services publics pour faire effectuer des vérifications énergétiques et apporter des améliorations.

Coûts de l'électricité

Il existe de nombreux modes de tarification de l'électricité. Ils dépendent en grande partie du niveau d'utilisation et du type de consommateur. Il est primordial que celui-ci comprenne parfaitement le contenu d'un contrat de distributeur d'énergie électrique et la façon dont la facture d'électricité mensuelle est établie.

La plupart des fabricants du secteur du caoutchouc sont soumis à une tarification appelée « période d'utilisation ». Ce type de tarification a été élaboré pour inciter les gros consommateurs d'énergie à programmer les opérations pour les périodes hors pointe de la journée. Avec ce type de tarification, les tarifs diffèrent l'été et l'hiver. Il comprend aussi des tarifs « de pointe » et des tarifs « hors pointe » selon le jour et l'heure d'utilisation de l'énergie électrique.

La facture mensuelle d'électricité comporte deux éléments fondamentaux :

- les frais associés à l'énergie utilisée pendant le mois (kWh);
- les frais associés à la puissance maximum appelée (kW) utilisée pendant les périodes de pointe durant le mois.

Le tableau suivant présente un type de tarification classique d'Ontario Hydro.

| Structure tarifaire d'Ontario Hydro | | |
|--|------------------------------|------------------------------|
| | Hiver (oct.-mars) | Été (avril-sept.) |
| Prix de l'énergie (cents par kWh) | | |
| Période de pointe (de 7h à 23h, du lundi au vendredi) | 3,76 | 3,32 |
| Période hors pointe (tout autre moment) | 2,82 | 2,02 |
| Tarifs de la demande (dollars par kW) | | |
| Période de pointe (de 7h à 23h, du lundi au vendredi) | 11,51 | 8,50 |
| Période hors pointe (tout autre moment) | 0,00 | 0,00 |

Notons que le service public distributeur d'énergie électrique peut également appliquer une pénalité financière aux clients dont le facteur de puissance est peu élevé. Ce point est traité au chapitre IV.

Les coûts de l'énergie électrique peuvent être réduits si :

- La demande de pointe est réduite;
- La consommation d'énergie est transférée des périodes de pointe vers les périodes hors pointe;
- La consommation totale d'énergie est réduite;
- Le facteur de puissance de l'usine est amélioré.

Coûts du gaz naturel et du mazout

La facturation du gaz naturel et du mazout est simple si on la compare à celle de l'énergie électrique, mais les consommateurs doivent parfaitement comprendre les contrats d'approvisionnement, tout particulièrement en ce qui concerne le gaz naturel, et connaître les divers types de contrats disponibles. Ils devraient aussi prendre connaissance des tarifs d'approvisionnement en vrac et, s'ils veulent remplacer le mazout par le gaz naturel, étudier la possibilité de négocier l'interruption du contrat concernant le gaz au meilleur prix. En général, les clients peuvent choisir entre plusieurs fournisseurs et devraient négocier pour obtenir les conditions les plus avantageuses.

Récapitulation des coûts du service public

Afin de faire des calculs précis en matière d'utilisation et de coûts de l'énergie, les facteurs coûts suivants doivent être établis :

- coût unitaire de l'énergie électrique (en cents par kWh);
- coût de la puissance électrique appelée (en dollars par kW);
- coût unitaire du gaz naturel (en dollars par mètre cube);
- coût unitaire du mazout (en dollars par litre).

Pour calculer les coûts ci-dessus, les douze premiers mois de facturation du service public devraient être récapitulés comme indiqué dans les exemples suivants.

| Mois | Électricité | | | |
|-----------|--------------|------------|---------|------------|
| | Consommation | | Demande | |
| | (kWh) | Coût (\$) | (kW) | Coût (\$) |
| Janvier | 158 400 | 5 512 | 926 | 10 658 \$ |
| Février | 292 400 | 10 000 \$ | 891 | 10 255 \$ |
| Mars | 330 800 | 11 876 \$ | 750 | 8 633 \$ |
| Avril | 304 000 | 9 120 \$ | 920 | 7 820 \$ |
| Mai | 382 200 | 11 390 \$ | 1 226 | 10 421 \$ |
| Juin | 365 000 | 11 133 \$ | 910 | 7 735 \$ |
| Juillet | 154 800 | 4 799 \$ | 880 | 7 480 \$ |
| Août | 294 600 | 8 750 \$ | 950 | 8 075 \$ |
| Septembre | 322 000 | 9 490 \$ | 1 114 | 9 469 \$ |
| Octobre | 384 600 | 13 461 \$ | 1 002 | 11 533 \$ |
| Novembre | 321 200 | 10 985 \$ | 810 | 9 323 \$ |
| Décembre | 264 400 | 9 518 \$ | 915 | 10 532 \$ |
| Totaux | 3 574 400 | 116 043 \$ | 11 294 | 111 934 \$ |

Coût moyen d'électricité = 0,0325\$ par kWh
Coûts moyen de la demande de pointe d'électricité = 9,91\$ par kW

| Gaz naturel | | |
|--------------------|--|------------------|
| Mois | Consommation (mètres cubes) | Coût (\$) |
| Janvier | 30 018 | 4 505 \$ |
| Février | 46 670 | 7 004 \$ |
| Mars | 80 992 | 12 155 \$ |
| Avril | 51 540 | 7 735 \$ |
| Mai | 49 926 | 7 493 \$ |
| Juin | 43 328 | 6 503 \$ |
| Juillet | 18 690 | 2 805 \$ |
| Août | 35 620 | 5 347 \$ |
| Septembre | 36 814 | 5 525 \$ |
| Octobre | 65 700 | 10 486 \$ |
| Novembre | 68 248 | 10 893 \$ |
| Décembre | 43 045 | 6 870 \$ |
| Totaux | 570 596 | 87 321 \$ |

Coût moyen du gaz naturel = 0,153\$ par mètre cube

| Mazout n° 6 | | |
|--------------------|----------------------------------|------------------|
| Mois | Consommation (litres) | Coût (\$) |
| Janvier | 30 775 | 6 334 \$ |
| Février | 29 183 | 6 006 \$ |
| Mars | | |
| Avril | | |
| Mai | | |
| Juin | | |
| Juillet | | |
| Août | | |
| Septembre | | |
| Octobre | | |
| Novembre | | |
| Décembre | 21 072 | 4 726 \$ |
| Totaux | 81 030 | 17 066 \$ |

Coût moyen du mazout = 0,211\$ par litre
(Nota : 1 litre de mazout n° 6 équivaut à 13,92 kWh)

III - Équipements consommateurs d'énergie

Il est fortement conseillé de dresser la liste de tous les équipements consommateurs d'énergie avant de procéder à une vérification énergétique. Les informations portées sur le registre d'identification des équipements de l'usine serviront souvent à établir cette liste. Celle-ci peut prendre la forme d'un organigramme ou d'une simple liste, comme dans l'exemple ci-dessous.

Principaux équipements consommateurs d'énergie

Électricité

Compresseurs d'air :

- compresseur hélicoïdal 60 HP (1)

Circulation d'eau de refroidissement :

- mélangeur interne 270 L (1)
 - moteur de mélangeur 1 500 HP (1)
 - moteur d'extrudeuse 150 HP (1)
 - moteur cylindre à lame d'extrudeuse 200 HP (1)
 - moteur de claie de refroidissement 25 HP (1)
 - moteur dépoussiéreur 25 HP (1)
- mélangeur interne 160 L (1)
 - moteur de mélangeur 400 HP (1)
 - moteur du malaxeur de déchets 200 HP (1)
 - etc.

Gaz naturel

Usine avec chaudière :

- chaudière 500 HP (2)
- chaudière 300 HP (1)

Chauffe-eau :

- radiateurs à eau chaude (2)
- etc.

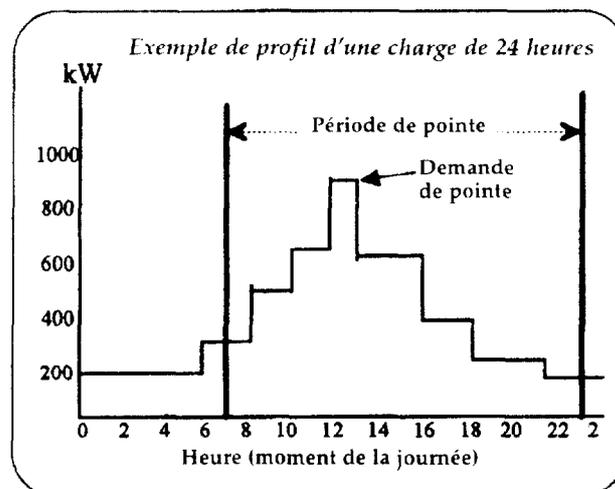
IV - Conseils pour économiser l'énergie

A : Réduire les coûts des services publics de distribution d'énergie électrique

La rubrique sur les modes de tarification des services publics de distribution d'énergie a été traitée à la page 5, chapitre II. En résumé, le consommateur peut réduire de trois façons les coûts énergétiques sans pour autant diminuer sa consommation d'énergie :

1. en diminuant la demande de pointe;
2. en effectuant les opérations consommatrices d'énergie pendant les périodes hors pointe;
3. en augmentant le facteur de puissance si celui-ci fait l'objet d'un supplément de facturation.

Le diagramme ci-dessous représente le schéma de la puissance électrique pour une période de 24 heures en milieu de semaine. On constate que certains équipements ont une charge de base de 200 kW tandis que les autres fonctionnent entre 6 h et 22 h; notons également que la puissance appelée maximale de 900 kW se situe en milieu de journée et dure environ une heure.



La charge de pointe consiste en un certain nombre d'opérations qui ont lieu simultanément. Si certaines de ces opérations pouvaient être replanifiées plus tard, la **demande de pointe** passerait à 600kW et permettrait une économie de frais de puissance appelée de 33 %.

Si une partie de la charge pouvait être transférée d'une période de pointe à une période hors pointe, des économies supplémentaires seraient réalisées sur la part de la consommation d'énergie apparaissant sur la facture.

L'exemple ci-dessus démontre que des économies considérables peuvent être réalisées en gérant simplement les périodes d'utilisation de l'énergie.

Le facteur de puissance est calculé selon l'équation suivante :

$$\text{Facteur de puissance} = \frac{\text{kilowatts (puissance résistive)}}{\text{kilovolts-ampères (résistant + réactif)}}$$

La puissance électrique consiste en une fonction de résistance et de réactance au sein de laquelle seule la partie résistance effectue le travail utile. Si un service public de distribution de l'énergie électrique se doute qu'un consommateur a un facteur de puissance inférieur à 90 %, il peut installer un appareil de mesurage des kilovolts-ampères (kVA) et des kilowatts. Le consommateur se verra facturer l'augmentation :

- a) des kilowatts réels ou
- b) des 90 % des kilovolts-ampères.

Les facteurs de puissance peu élevés découlent en principe de charges inductives telles que les transformateurs, les soudeuses, les serpentins de chauffage par induction, les ballasts et les moteurs à induction à courant alternatif partiel.

Les fabricants qui se servent actuellement de mécanismes de contrôle de gestion de l'énergie peuvent économiser **jusqu'à 20 %** sur leur facturation actuelle grâce au déplacement ou au délestage de la charge et à la correction du facteur de puissance.

Conseils

(Peu ou pas de frais : 6 mois; coût moyen : 3 ans avec des modifications; coût en capital : plus de 3 ans avec de nouveaux équipements.)

Peu ou pas de frais :

- ✓ S'adresser au service public de distribution d'énergie : demander un profil de charges et des conseils pour réduire la consommation d'énergie, les demandes de pointe et pour améliorer le facteur de puissance. Il peut aussi fournir des conseils sur les incitations financières offertes pour les modifications d'équipements ou leur remplacement.
- ✓ Obtenir un profil de charge de l'installation et de ses principales opérations consommatrices d'énergie. Étudier ces informations et déterminer les moyens pour réduire la demande de pointe et pour transférer la charge pendant les périodes hors pointe. Voici quelques suggestions :
 - replanifier les opérations de production pendant les périodes de demande moins forte;
 - couper les charges non indispensables pendant les périodes de demande de pointe; p. ex. CVC;
 - arrêter le fonctionnement des équipements et éteindre les éclairages non indispensables;
 - recharger les batteries et pomper l'eau pour remplir les réservoirs pendant les heures hors pointe.

Coût moyen :

- ✓ Les facteurs de puissance peu élevés découlent en grande partie des moteurs à induction partielle. On peut y remédier en remplaçant ces moteurs par d'autres, dont la taille sera plus appropriée à la tâche à accomplir, ou en installant des condensateurs au poste de mesurage de l'électricité. Cette opération s'avère rentable pendant 18 mois environ.

Coût en capital :

- ✓ Installer un système automatique qui contrôlera la consommation de l'énergie électrique et thermique. Ceci s'applique davantage aux installations consommant plus d'énergie.

B : Entreposage des matières premières

La solution optimale serait de faire en sorte que les matières premières réceptionnées soient directement acheminées vers la chaîne de fabrication. Dans ce cas, aucun espace d'entreposage n'est nécessaire à cet effet. Nul besoin de chauffage, d'éclairage ou d'équipement de transport pour déplacer les matières premières à l'intérieur, à l'extérieur ou autour de l'entrepôt. Même si cette solution peut se révéler peu pratique pour la plupart des fabricants, le principe de réserver un espace minimum à l'entreposage des matières premières peut engendrer une diminution des besoins en matière de chauffage et d'éclairage.

Pendant l'hiver, les déperditions d'énergie au niveau du quai de déchargement peuvent être considérables si les portes sont laissées ouvertes ou si on n'utilise pas de sas de protection pendant le déchargement.

Le caoutchouc naturel nécessite un préchauffage avant le mélangeage pour éviter toute formation cristalline dans le caoutchouc. On préchauffe en général le caoutchouc dans des chambres chaudes maintenues à une température approximative de 35 °C par l'entremise d'appareils de chauffage à air chaud par convection. Il faut 0,012 kWh pour chauffer 1kg de caoutchouc à 25 °C, température requise habituellement, mais une chambre chaude classique nécessite dix fois plus d'énergie à cause des déperditions thermiques qui s'effectuent par les murs et le toit ainsi que pendant le chargement et le déchargement du caoutchouc.

Certains combustibles entrant dans la composition des mélanges doivent être chauffés pour pouvoir s'écouler à basse température. Les réservoirs de rétention et la tuyauterie devraient être convenablement isolés pour éviter les déperditions thermiques.

Conseils

(Peu ou pas de frais : 6 mois; coût moyen : 3 ans avec des modifications; coût en capital : plus de 3 ans avec de nouveaux équipements.)

Peu ou pas de frais :

- ✓ Il n'est pas nécessaire de maintenir la température des espaces d'entreposage de matières premières au même niveau que les aires de production. Installer des thermostats pour contrôler la température.

- ✓ Pour chauffer le caoutchouc le plus rapidement possible, les palettes de caoutchouc réceptionnées devraient être empilées à nouveau de sorte que le plus de surface possible soit exposée au fluide chauffant. Si le caoutchouc ne doit pas être utilisé tout de suite après sa sortie de la chambre chaude, l'empiler une nouvelle fois de façon à exposer moins de surface pour retenir la chaleur.

Coût moyen :

- ✓ La qualité de l'éclairage n'est pas primordiale dans ce secteur et l'utilisation d'un éclairage d'une efficacité supérieure comme les lampes à vapeur de sodium à haute pression devrait être envisagée.

Coût en capital :

- ✓ Le préchauffage par micro-ondes peut remplacer les chambres chaudes classiques. Il est beaucoup plus efficace en termes d'énergie et de main-d'œuvre, mais son prix est élevé.

C : Mélangeage

Dans l'industrie du caoutchouc, la confection des mélanges et le mélangeage comptent parmi les opérations qui consomment le plus d'énergie; elles sont également déterminantes en ce qui concerne la qualité du produit.

La précision du pesage et le rythme auquel les matériaux doivent être ajoutés pour former le mélange selon la formulation, ainsi que la vérification et la cadence du travail requises pendant le processus de mélangeage, sont les éléments les plus importants de ces deux opérations.

De nos jours, le mélange des substances s'effectue dans des mélangeurs internes qui se composent de deux rotors intégrés dans un corps. Les mélangeurs sont dotés d'une trappe supérieure permettant d'introduire les matériaux dans la chambre de mélange, d'un poussoir mécanique qui exerce une pression sur les matériaux introduits dans la chambre et d'une trappe de sortie, située sous la chambre, permettant aux matériaux mélangés d'être évacués au terme du cycle de mélangeage.

La taille des mélangeurs est très variable, ces derniers pouvant aller du petit dispositif de laboratoire aux grosses machines industrielles équipées de chambres de 620 litres capables de mélanger des charges de 600 kg. Il existe deux types de mélangeurs : l'un dans lequel le mélangeage proprement dit s'effectue entre des rotors à ailettes et le corps du mélangeur, et l'autre où l'essentiel du mélangeage s'opère grâce à un mélangeur à deux pales enchevêtrées. Si l'on considère l'énergie consommée pour mélanger un kilogramme de substance, ce sont les plus gros mélangeurs qui sont les plus éconergétiques.

Dans les mélangeurs les plus courants, les matériaux sont pesés manuellement et versés dans le mélangeur par la trappe de chargement. Les appareils de mélangeage modernes sont, quant à eux, dotés de systèmes de manutention automatique de matériaux qui assurent le transport des matériaux vers les trémies de pesage où ils sont pesés automatiquement et tenus en attente jusqu'à ce qu'ils soient requis dans le cycle. Les systèmes de manutention des matériaux conçus pour transporter les charges telles que le noir de carbone utilisent souvent la technologie du transport pneumatique.

Les huiles qui entrent dans la composition des mélanges sont pesées automatiquement et injectées dans le mélangeur grâce à des cylindres hydrauliques. Les dispositifs de pesage automatiques sont conçus pour fournir des pesées d'un haut niveau de précision et pour livrer rapidement le matériau dans la chambre de mélange.

Certaines matières en état de poudre entrant dans la composition du mélange du caoutchouc produisent de la poussière. Des dispositifs de dépoussiérage, incorporant des dépoussiéreurs et des séparateurs de poussière, sont habituellement utilisés pour garder l'environnement de travail propre. Cependant, ils peuvent consommer de grandes quantités d'énergie.

La formulation du mélange indique le nom et le poids des ingrédients, tandis que la procédure de mélange fournit les instructions de confection du mélange. Cette procédure peut être une simple instruction indiquant au technicien de charger les matériaux, d'abaisser le poussoir et de mélanger pendant « x » minutes, puis de décharger le lot de mélange. Les mélangeurs modernes sont entièrement informatisés et peuvent permettre au formulateur de commander des variables telles que la vitesse du mélangeur, la cadence des ajouts de matières, le refroidissement du mélangeur, la température du poussoir, la puissance intégrée ou une combinaison de ces variables.

Les équipements modernes de mélangeage sont conçus pour donner au formulateur un maximum de souplesse, afin qu'il obtienne une bonne qualité de mélange avec des résultats physiques constants en un temps minimal.

Les formulateurs utilisent différentes techniques pour mélanger la préparation de caoutchouc. Le choix de la technique dépend du type d'équipement disponible, des exigences relatives au produit et des installations techniques.

Le **procédé de mélangeage à étape unique** est le procédé selon lequel le mélange-maître est mélangé dans un mélangeur, déchargé dans un malaxeur à benne puis transféré dans d'autres malaxeurs pour les ajouts d'agents vulcanisants. Le mélange final est tiré en feuilles et refroidi sur une claie avant l'empilage.

Le **procédé de mélangeage en deux étapes** est le procédé selon lequel le mélange-maître est mélangé dans un mélangeur, déchargé dans un malaxeur à benne, transféré dans un laminoir puis refroidi sur une claie avant l'empilage. Après le vieillissement du mélange-maître, celui-ci est à nouveau introduit dans le mélangeur et mélangé encore avec des agents vulcanisants et divers autres produits chimiques. Il est ensuite transféré dans le mélangeur en aval et transformé de la même façon que le mélange-maître initial.

Certains mélanges nécessitent un **procédé de mélangeage en plusieurs étapes**. Ce procédé peut inclure une étape de prémastication du caoutchouc naturel, une première et une deuxième étape pour le mélange-maître, une deuxième étape de malaxage et une dernière étape de mélangeage. Le matériel en aval peut être similaire à celui utilisé dans le procédé de mélangeage en deux étapes.

Il faut noter qu'une extrudeuse et une lame d'extrudeuse à cylindres ou une extrudeuse associée à un mélangeur à cylindres peuvent remplacer le malaxeur à benne et le laminoir dont il est fait mention dans les procédés de mélangeage en deux étapes ou en plusieurs étapes.

La consommation d'énergie, exprimée en nombre de kWh consommés par kg de mélange final, dépend de plusieurs facteurs, dont les principaux sont les suivants :

- les matières premières et la formulation;
- les propriétés physiques du produit final;
- le type d'équipement utilisé (mélangeur et matériel en aval);
- les services disponibles pour faire fonctionner le mélangeur;
- la technique de mélangeage;
- la planification et l'efficacité de la production.

Les matières premières, la formulation et les propriétés physiques du produit final dépassent l'objet de ce manuel. En conséquence, les conseils et les questions de vérification qui suivent se limitent aux autres facteurs.

Le potentiel éconergétique du procédé de mélangeage dépend du degré de technologie du procédé utilisé. Certaines entreprises pourront **réduire leur consommation d'énergie de 50 % et améliorer la productivité de l'équipement de 100 %** en procédant à divers changements au niveau de leur matériel et des techniques de mélangeage.

Conseils

(Peu ou pas de frais : 6 mois; coût moyen : 3 ans avec modifications; coût en capital : plus de 3 ans avec de nouveaux équipements.)

Peu ou pas de frais :

- ✓ Des charges plus importantes, des cycles de mélangeage plus courts et des périodes d'arrêt moins fréquentes augmenteront l'efficacité éconergétique (kWh/kg) du mélangeur.

- ✓ Pour des mélanges de même type, calculer les kg/h et les kWh/kg pour chaque mélangeur. Utiliser continuellement le mélangeur le plus efficace (pas de périodes d'arrêt).
- ✓ Installer des sondes de température et des compteurs de kilowatt pour connaître de façon précise la température de mélangeage et la consommation d'énergie. Installer des enregistreurs qui enregistreront la température et la puissance selon l'heure.
- ✓ Établir un programme pour augmenter au maximum la taille de la charge de chaque mélange.
- ✓ Établir un programme pour réduire le nombre d'étapes de mélangeage.
- ✓ Établir un programme pour allonger la durée de mélangeage exploitable pour les mélangeurs les plus efficaces en éliminant les délais ainsi que le temps perdu à chaque changement d'équipe, et faire fonctionner les mélangeurs pendant les pauses.
- ✓ Les cavités de refroidissement du mélangeur, des malaxeurs et des extrudeuses devraient être régulièrement détartrées pour améliorer le transfert de chaleur.
- ✓ S'adresser aux fournisseurs de matières premières et de matériel pour savoir comment économiser de l'énergie.

Coût moyen

- ✓ Lorsque plusieurs mélangeurs sont utilisés, éliminer le moins efficace et optimiser les mélangeurs les plus efficaces. Cette optimisation ne générera pas que des économies d'énergie !
- ✓ Améliorer la capacité des différents appareils de pesage (pesage du polymère, pesage manuel ou automatique des produits chimiques, du noir de carbone, du mazout, etc.). Les appareils de pesage devraient avoir une précision de +/- 0,2 %. Cela réduira la quantité de mélanges avec écarts supérieurs et réduira les exigences du débit par la même occasion.
- ✓ Installer des compteurs de kilowattheure et des intégrateurs d'énergie sur tous les mélangeurs pour enregistrer la consommation d'électricité pour chaque charge. Les données serviront à évaluer l'efficacité des mélangeurs, les écarts entre les charges, à procéder à des essais, etc. Un intégrateur d'énergie est un dispositif qui déduit la charge de base du mélangeur et intègre la charge effective du mélange pour fournir la quantité d'énergie consommée par la fabrication du mélange. Pour évaluer les opérations de mélangeage, prendre en compte les données relatives à la charge et à l'énergie comme il est d'usage de le faire avec celles relatives au temps et à la température. On peut se procurer des dispositifs étudiés à cet effet auprès des spécialistes en matériel de mélangeage.

- ✓ Établir un programme pour réduire le cycle total de mélangeage en procédant à des changements, tels que :
 - diminution du temps de chargement (vitesse de la courroie, ouverture et fermeture de la trappe, retards);
 - diminution du temps de déchargement des produits noirs et autres produits chimiques devant être ajoutés à mi-cycle;
 - installation d'un injecteur de mazout à grande vitesse;
 - diminution du nombre de mouvements du poussoir de bas en haut et accélération des mouvements;
 - augmentation de la force du poussoir (pression accrue, cylindre plus gros);
 - augmentation de la vitesse de rotation du mélangeur;
 - diminution du temps de déchargement du mélangeur (temps d'ouverture et de fermeture de la trappe, pose et fermeture du moule).
- ✓ L'utilisation de l'air comprimé pour produire l'énergie mécanique nécessaire au déplacement du poussoir de la porte et de la grille du mélangeur revient cher. Le remplacement de l'air comprimé par l'énergie hydraulique devrait diminuer la consommation d'énergie. De plus, l'utilisation d'un poussoir hydraulique accroît la précision de la position du poussoir.
- ✓ Installer un système de commande informatisé pour optimiser les différentes variables influant sur la qualité du malaxage, sur le débit du mélangeur et sur la consommation d'énergie.
- ✓ Utiliser un extracteur de poussière à engrenage à vitesse variable pour favoriser le débit en contenant les chutes de pression dans les filtres.
- ✓ Installer des commandes de variation de vitesse sur les mélangeurs et les engrenages des malaxeurs et utiliser la vitesse, associée à la puissance intégrée, pour optimiser la consommation d'énergie pendant les périodes de chargement et de déchargement. L'engrenage à vitesse variable renforcera aussi le potentiel du mélangeage à étape unique.

Coût moyen ou coût en capital

- ✓ Étudier la possibilité de compléter le mélange par l'addition d'agents vulcanisants en aval du mélangeur. Il sera peut-être nécessaire d'ajouter du matériel supplémentaire de malaxage qui assurera le maintien des températures au niveau requis et la dispersion des agents de vulcanisation.

Coût en capital

- ✓ Remplacer les mélangeurs inefficaces par des modèles plus efficaces, de taille supérieure.

D : Transformation (malaxeurs, calandres et extrudeuses)

Dans une usine de caoutchouc, la section réservée à la transformation se trouve entre celle du mélangeage et celle de la vulcanisation. La consommation d'énergie liée à cette section dépend du type de produit fabriqué. La fabrication de produits comme les pneus consomme une grande quantité d'énergie, tandis que la fabrication des produits moulés par injection en consomme relativement peu. L'opération de transformation est non seulement importante à cause de l'énergie consacrée à la transformation du produit dans cette section de l'usine, mais également parce qu'elle peut influencer sur les besoins en énergie lors de la cuisson du produit.

Pendant la dernière étape de mélangeage du caoutchouc, des agents vulcanisants sont ajoutés pour former ce que l'on appelle communément le « corps ». À ce stade, le corps est sous forme de plastique et peut être facilement façonné. La composition chimique du corps doit être élaborée de telle sorte qu'il reste à l'état de plastique pendant toutes les opérations de transformation et ne se transforme en matière élastique qu'au moment de la vulcanisation.

La vulcanisation, ou cuisson, est le liage chimique (réticulation) des chaînes de caoutchouc qui s'opère en général sous l'action du soufre et de l'accélérateur sous pression, à une température élevée.

Lorsqu'un corps est à l'état de plastique, il peut être formé (façonné) par l'application d'une force et prendra la forme qui lui est imposée. L'opération de façonnage du corps s'effectue en grande partie lorsque celui-ci passe entre les cylindres (malaxage et calandrage) ou par un orifice de la forme souhaitée (extrusion) ou encore par confinement sous pression dans un moule aux dimensions requises. Ces différentes opérations portent en général le nom d'opérations de transformation. Les opérations de transformation telles que le malaxage, le calandrage et l'extrusion s'accomplissent sur le corps, ce qui a pour conséquence de faire grimper sa température.

La composition chimique d'un corps est élaborée de telle sorte que ce dernier résiste pendant un certain laps de temps à la transformation et à une température élevée avant le début de la vulcanisation. Ce laps de temps est appelé « temps de grillage ». Si la durée des opérations de transformation dépasse le temps de grillage, le corps grillera (il commencera à cuire). Le temps de grillage devrait comprendre la durée des opérations à laquelle s'ajoute un délai de sécurité. Après la

transformation et lorsque le corps est prêt pour la cuisson, il reste en principe un certain temps pour le grillage. C'est ce que l'on appelle le temps de grillage résiduel. Le temps nécessaire à la cuisson du corps correspond à la somme du temps de grillage résiduel et du temps de réticulation. Le temps de réticulation est le temps nécessaire pour que le corps passe du point de grillage (début de cuisson) à la cuisson complète.

Les produits ayant un temps de grillage résiduel plus long prennent plus de temps à cuire et, de ce fait, consomment davantage d'énergie. Il en résulte également une perte en capital et en productivité dans la mesure où la capacité du matériel de cuisson est réduite.

Un corps transformé par plusieurs opérations de production, en particulier celles comprenant plusieurs étapes de malaxage, peut avoir un temps de transformation très variable. Ce sont les extrêmes de ce temps de transformation qui servent à évaluer le temps de grillage et le temps de cuisson d'un corps :

- le temps de transformation le plus long détermine le temps de grillage;
- la différence entre le temps de transformation le plus long et le temps de transformation le plus court, plus le temps de réticulation du corps, équivaut au temps de cuisson.

L'opération de malaxage constitue un bon exemple d'un procédé pouvant entraîner des temps de transformation très variables pour un corps. Le débit du malaxeur, et donc le temps de transformation du corps dans le malaxeur, peut varier selon la cadence de production, le temps requis pour procéder aux changements de tailles et la façon dont les différents techniciens utilisent le matériel. Il faut absolument éviter d'utiliser des cylindres trop longs car, dans ce cas, le corps « mort » risque de rester longtemps sur le dessus du malaxeur avant de passer dans les cylindres.

Pendant les opérations de transformation, voici ce qui donnera les meilleurs résultats en termes de diminution de la consommation d'énergie :

- diminuer le nombre d'opérations auxquelles est soumis un corps, notamment pour le chauffer et le refroidir;
- diminuer le temps de transformation pour chaque opération;
- abaisser les températures de transformation (en évitant le refroidissement);
- remplacer les procédés à alimentation à chaud par un système d'extrusion plus éconergétique à alimentation à froid.

Pour diminuer la consommation d'énergie pendant les opérations de cuisson :

- réduire les variations de temps de transformation;
- réduire les variations de taille des produits.

Les entreprises qui utilisent actuellement un système d'extrusion à alimentation à chaud pour la préparation du produit avant la cuisson peuvent réduire leurs coûts énergétiques de plus de 50 % en remplaçant ces systèmes par des systèmes d'extrusion à alimentation à froid. Outre ces économies, des économies supplémentaires pourront être réalisées au niveau de la cuisson, car le matériel à alimentation à froid a une variabilité moindre que celui à alimentation à chaud.

Conseils

(Peu ou pas de frais : 6 mois; coût moyen : 3 ans avec modifications; coût en capital : plus de 3 ans avec de nouveaux équipements.)

Peu ou pas de frais :

- ✓ Revoir les procédés de malaxage et, si nécessaire, apporter des modifications pour inclure des techniques qui réduiront les temps de transformation et leur variabilité. Réduire la hauteur des cylindres au niveau du malaxeur réduira également les temps de transformation et leur variabilité. Resserrer l'écartement des cylindres réduira les temps de transformation (élargir ou doubler les bandes d'alimentation selon les besoins).
- ✓ Le corps introduit dans l'écartement des cylindres devrait être également réparti de façon uniforme sur la surface du cylindre de la calandre. On prendra soin de ne pas introduire trop de mélange dans l'écartement des cylindres afin d'éviter les points « morts » (qui se produisent lorsque le mélange ne passe pas dans l'écartement des cylindres).
- ✓ Les malaxeurs, les calendres et les extrudeuses doivent être vidés en cas d'incident. Le corps devrait être tiré en feuilles et placé sur les claies de refroidissement pour éviter un temps de transformation excessif.
- ✓ Quand le matériel est inutilisé, les moteurs devraient être arrêtés, tout comme les installations auxiliaires telles que les appareils de chauffage, les refroidisseurs, les ventilateurs d'extraction, les pompes, etc.
- ✓ Les cavités de refroidissement pour les malaxeurs, les calendres et les extrudeuses devraient être régulièrement détartrées pour accroître l'efficacité du transfert de chaleur.

- ✓ Le pompage de l'eau de refroidissement peut consommer de grandes quantités d'énergie; l'utilisation de l'eau de refroidissement devrait donc être diminuée lorsque cela est possible. Des thermomètres devraient être installés à l'entrée et à la sortie d'eau et le débit devrait être réglé à une température delta prédéterminée. On peut procéder à ce réglage manuellement (grâce à l'intervention d'un technicien) ou par le biais de dispositifs automatiques.
- ✓ Essayer d'acheminer l'eau de refroidissement par des tuyaux montés en série pour réduire la demande, par exemple lorsqu'une pile de bacs de refroidissement sert à refroidir une feuille de matériau calandré. Les bacs de refroidissement devraient être alimentés en série de telle sorte que l'eau pénètre par le dernier bac et ressorte par le bac de refroidissement le plus proche de la calandre.
- ✓ De nombreuses entreprises disposent de plusieurs chaînes d'extrusion et de calandrage qui ont différentes fonctions. Chercher à optimiser les chaînes les plus efficaces tout en cherchant à arrêter les moins performantes.
- ✓ Les ciments adhésifs sont souvent utilisés pour assurer une bonne adhésion entre les différentes couches de caoutchouc d'un produit vulcanisé. Les solvants organiques devraient être remplacés par des ciments hydrauliques ou entièrement éliminés. Pour ce faire, les mélanges et les méthodes de transformation devraient faire l'objet de modifications techniques.

Coût moyen :

- ✓ Le moyen le plus efficace pour abaisser les températures de malaxage est de réduire la vitesse du malaxeur à cylindres.
- ✓ Éliminer l'utilisation de l'air comprimé lorsque cela est possible. Pour sécher un matériau en cours de transformation et qui a été en contact avec l'eau, utiliser de préférence une soufflante de production d'air.

Coût en capital :

- ✓ De nos jours, les systèmes d'extrusion alimentés à l'eau froide consomment beaucoup moins d'énergie que les dispositifs d'extrusion alimentés à l'eau chaude (une économie de 70 % est réalisable). Ils peuvent aussi s'avérer avantageux au niveau de la qualité, de la productivité et de l'espace. Les appareils à extrusions multiples peuvent aussi diminuer le nombre des opérations de transformation. Les extrudeuses à air froid pourraient aussi remplacer les malaxeurs qui alimentent les opérations de calandrage et, dans certains cas, toutes les chaînes de calandrage.

E : Cuisson et vulcanisation

Il existe de nombreuses méthodes pour cuire le caoutchouc. On peut les classer en deux grandes catégories : le moulage et la cuisson continue. Les techniques de moulage décrites sommairement ci-dessous sont les plus courantes :

Moulage par compression

Le caoutchouc est placé dans un moule et soumis à une force qui le façonne. Le transfert de chaleur s'effectue par l'intermédiaire du moule.

Moulage par transfert

Cette méthode est comparable au moulage par compression, mis à part le fait que le caoutchouc préchauffé est introduit par le biais d'une buse dans un moule fermé à partir d'une source extérieure. Avec cette méthode, les moules à empreintes multiples peuvent être approvisionnés par une seule charge. Les temps de cuisson sont plus courts, car le caoutchouc est déjà chauffé quand il pénètre dans le moule. Le transfert de chaleur s'effectue par l'intermédiaire du moule.

Moulage par injection

La charge de caoutchouc est introduite au moyen d'une extrudeuse dans un piston d'injection qui injecte le caoutchouc chauffé dans le moule. Ce procédé est en général utilisé pour les grosses quantités de caoutchouc, car il offre un contrôle en grande partie automatique des étapes de cuisson. Le coût en capital est plus élevé que pour les autres méthodes de moulage. Le transfert de chaleur s'effectue par l'intermédiaire du moule.

Presse à courroie

La courroie préfabriquée est alimentée entre les plateaux ouverts d'une presse. Les plateaux se ferment et une force s'exerce sur la courroie. La chaleur est transférée à la courroie par les plateaux.

Presse à vulcaniser

La vulcanisation des pneus est une forme de moulage par compression, mis à part le fait que la chaleur et la pression sont également exercées sur la face interne du pneu grâce à une vessie qui gonfle le pneu. La vapeur et l'eau chaude en surpression sont les moyens les plus souvent utilisés pour chauffer les faces interne et externe d'un pneu.

Autoclaves à vapeur

Les autoclaves sont utilisés pour mouler des produits dont la taille, trop importante, est incompatible avec les presses à mouler courantes. Il peut s'agir de produits tels que de très gros pneus tous terrains, des pneus

rechapés, de larges extrudats, des tuyaux, des cylindres, des objets moulés de taille importante, etc. À l'intérieur de l'autoclave, le produit peut être chauffé directement par la vapeur ou indirectement par l'air ou le gaz rare chauffé par la vapeur.

Les câbles, les tuyaux et les produits renforcés peuvent être vulcanisés par la vapeur à haute pression. Un système de réduction, constitué de vapeur haute pression, d'eau chaude pressurisée, d'eau basse pression et d'air atmosphérique, est souvent relié à une extrudeuse.

Les vulcaniseurs à tambour cuisent les feuilles de caoutchouc ou les textiles gommés en les faisant chauffer sur des tambours rotatifs. Quand une pression de consolidation est requise, une courroie est utilisée pour exercer cette pression sur la surface du matériau en feuilles. Les tambours sont chauffés à la vapeur.

Les lits fluidisés sont en général reliés aux extrudeuses qui fabriquent des bandes profilées ou des câbles. Ils consistent en grains de céramique ou de verre tenus en suspension par des jets d'air chaud ou de gaz rare qui maintiennent le produit pendant qu'il passe dans la machine. Le produit est alors chauffé par conduction et convection. L'air ou le gaz rare sont en général préchauffés à la vapeur.

Ce procédé est comparable à celui des lits fluidisés, mis à part le fait que les sels fondus, tels que les nitrates de sodium et de potassium, remplacent les grains de céramique. Ce procédé nécessite un système d'échappement efficace pour éliminer les fumées. Les sels sont en général chauffés directement par des dispositifs électriques ou par un chauffage à gaz.

Les produits, disposés sur des plateaux, sont chauffés par convection d'air naturel ou pulsé. Le four est en général chauffé par des dispositifs électriques ou par un chauffage à gaz.

Vulcanisation par micro-ondes

L'investissement pour un tel appareillage est plus élevé que pour les autres matériels de vulcanisation, mais il offre une vulcanisation rapide et uniforme du produit ainsi qu'une grande efficacité énergétique.

Cependant, il se limite à la vulcanisation des composés polaires ou des noirs de carbone. Après le préchauffage par micro-ondes, le produit passe normalement par un conduit d'air chaud qui maintient sa température.

Chauffage par induction

Le chauffage par induction électrique est quelquefois utilisé pour vulcaniser le caoutchouc sur des cylindres métalliques enduits de caoutchouc ou des objets de grande taille comportant des pièces de métal. Le métal sert alors de conducteur.

La variété des produits et des procédés de vulcanisation est telle qu'il est impossible de déterminer des niveaux de consommation d'énergie types auxquels les fabricants pourraient se référer. Cependant, les consommations théoriques suivantes peuvent servir de point de référence pour établir des comparaisons :

| | |
|--|-------------------|
| Chauffage du caoutchouc à une température de cuisson de 180 °C |0,085 kWh/kg |
| Forçage du caoutchouc dans un moule à 250 bars |0,007 kWh/kg |
| Évaluation pour actionner les éléments de la presse |0,003 kWh/kg |
| Consommation totale d'énergie |0,095 kWh/kg |

Une récente étude britannique sur les fabricants de produits de caoutchouc a fait état de larges écarts en matière de consommation d'énergie concernant les produits fabriqués par des presses : de 0,3 kWh/kg à 278 kWh/kg.

Il est conseillé à chaque fabricant de déterminer son propre indicateur (cet indicateur peut aussi être établi pour un groupe de manufacturiers fabriquant le même type de produits) qui servira à calculer la consommation d'énergie pour chaque procédé de vulcanisation. Grâce à cet indicateur, on peut évaluer les résultats, faire des comparaisons et établir des objectifs en matière d'amélioration.

L'effet des opérations de transformation devrait être pris en compte dans tous les projets de diminution de la consommation d'énergie des opérations de vulcanisation.

Conseils

(Peu ou pas de frais : 6 mois; coût moyen : 3 ans avec modifications; coût en capital : plus de 3 ans avec de nouveaux équipements.)

Peu ou pas de frais :

- ✓ Les écarts constatés dans la fabrication d'un produit sont causés en grande partie par un temps de cuisson excessif. Cet excès peut être dû à des facteurs tels qu'un temps de transformation résiduel, un mauvais calibrage des matériaux, des températures de cuisson trop basses, des minuteurs inexacts, etc. Les facteurs liés à la sécurité peuvent rallonger de 25 % les temps de cuisson normaux. Une diminution des écarts associés à ces facteurs peut générer des économies de consommation d'énergie pendant le procédé de cuisson et, de plus, augmenter l'efficacité de la cuisson.
- ✓ La perte de l'énergie thermique qui s'effectue pendant le procédé de cuisson est en grande partie imputable à la chaleur spécifique des moules et du matériel, largement supérieure à celle du produit, et aux déperditions thermiques au niveau des moules, des plateaux, de la tuyauterie, etc. Le procédé devrait faire l'objet d'une étude approfondie pour déterminer des moyens visant à réduire ces déperditions thermiques ou à utiliser cette chaleur à d'autres fins. L'utilisation de matériaux d'isolation constitue en général la façon la plus efficace de réduire les déperditions thermiques.
- ✓ Toute interruption du cycle de cuisson, pour cause de chargement, déchargement, modification de taille, manque de produit, panne de machine, etc., entraîne une perte d'énergie. Il est plus éconergétique de faire fonctionner cinq machines à 100 % que dix machines à 50 %. Chercher à réduire le temps de non-cuisson et arrêter les presses dont le fonctionnement n'est pas nécessaire.

Coût moyen :

- ✓ Le temps requis pour la cuisson d'un produit dépend de la composition chimique du mélange et de la température de cuisson. Il est peut-être possible d'apporter des changements pour réduire le temps et la quantité d'énergie nécessaires à la cuisson du produit (des changements au niveau du matériel pourraient s'avérer nécessaires).
- ✓ L'équipement utilisé pour le moulage devrait être muni de systèmes de régulation automatique du temps et de la température, de façon à contrôler la cuisson du produit et à éviter les pertes d'énergie.

- ✓ De nombreuses méthodes de moulage font appel à l'énergie électrique pour chauffer les moules. Cela peut revenir cher, particulièrement aux périodes de pointe. L'utilisation de la vapeur ou du gaz direct devrait être envisagée.
- ✓ La cuisson de certains types de pneus requiert des températures plus basses et des niveaux de pression interne élevés. Pour répondre à de telles exigences, on utilise des systèmes à eau chaude haute pression, mais ceux-ci ne sont pas éconergétiques. Un nouveau procédé, alliant la vapeur et l'azote, offre les mêmes résultats avec une consommation d'énergie moins élevée.
- ✓ De nombreuses presses mécaniques fonctionnent à l'énergie hydraulique. L'installation hydraulique est souvent de taille surdimensionnée, car elle est conçue pour l'utilisation simultanée de plusieurs presses, alors que dans la pratique, une seule presse fonctionne à la fois. Certaines pompes hydrauliques fonctionnent de façon continue, dérivant le fluide lorsque la pression requise est atteinte, plutôt que d'arrêter le moteur. Des économies d'énergie peuvent être réalisées grâce au remplacement du moteur de la pompe par une commande de variation de la pression et en dotant les presses de dispositifs de verrouillage pour les empêcher de démarrer simultanément.

F : Débris, déchets et matériaux à réuser

L'un des aspects oubliés de l'utilisation de l'énergie est celui de la quantité d'énergie consacrée à la production de débris et de déchets et au réusinage des matériaux imparfaits ou en excédent tels que les mélanges, les extrudats et les matériaux calandrés.

Pour l'ensemble du secteur du caoutchouc, les déchets et les matériaux à réuser entraînent une augmentation considérable des coûts, et toute réduction à ce niveau générera non seulement des économies d'énergie, mais également une diminution des coûts des matériaux et de la main-d'œuvre.

Dans ce secteur, nombreux sont ceux et celles qui demeurent persuadés que puisque les mélanges de caoutchouc non vulcanisés peuvent être remis en fabrication, il n'y a pas de gaspillage car ces matériaux peuvent être réintroduits dans le procédé et admis dans le pourcentage prévu à cet effet. Cette conception est toutefois erronée. En effet, même s'il est plus rentable de remettre un matériau en fabrication plutôt que de le mettre au rebut, il ne faut pas négliger les coûts supplémentaires qu'entraîne une telle opération :

- coût initial de fabrication du matériau;
- triage, identification, transport et entreposage des reprises;
- utilisation de l'espace utile;
- essais et contrôle de la qualité supplémentaires;
- manutention supplémentaire pour la remise en fabrication;
- baisse de la qualité due à la réintroduction de ces matériaux dans la fabrication;
- énergie supplémentaire requise pour transformer les matériaux en produit utilisable.

Pour certains manufacturiers du secteur du caoutchouc, les dépenses d'énergie associées à la production de ces matériaux imparfaits représentent plus de 5 % de leur consommation totale.

Conseils

(Peu ou pas de frais : 6 mois; coût moyen : 3 ans avec modifications; coût en capital : plus de 3 ans avec de nouveaux équipements.)

Peu ou pas de frais :

- ✓ L'objectif devrait être de ne produire aucun déchet. Les quantités de débris, de déchets et de matériaux à réusiner, tout comme leurs causes, devraient être consignées avec soin et analysées régulièrement. Des programmes devraient être mis en place pour remédier à ce problème.
- ✓ En cas de problème de grillage pendant le procédé d'après mélangeage, vérifier le fonctionnement du malaxeur et les méthodes de calandrage. La hauteur des cylindres du malaxeur ne devrait pas dépasser 150 mm et les écartements de cylindres devraient être pourvus d'une rangée de cylindres n'excédant pas 15 mm de diamètre. Si, pour une raison quelconque, les activités de production sont interrompues, vider les malaxeurs, les calandreuses et les extrudeuses.
- ✓ Les écarts de fabrication sont à l'origine de la plupart des débris et des déchets. Un bon système de contrôle de la qualité, incluant des techniques de mise à contribution des employés, comme le contrôle statistique du processus (CSP), réduira considérablement ces écarts pendant le procédé de transformation.

Coût moyen :

- ✓ Si les propriétés physiques des mélanges varient de façon importante et si les charges sont rejetées, vérifier la précision des appareils de pesage (automatiques et manuels) qui sont reliés au mélangeur. Vérifier également que les différentes phases du mélangeage sont bien réglées en fonction de l'ordre de passage des charges. Les appareils de pesage et les commandes du mélangeur peuvent nécessiter des remises à niveau ou ont peut-être besoin d'être remplacés.
- ✓ Si le système de refroidissement d'eau d'un malaxeur fonctionne correctement, la réduction de la vitesse des cylindres avant constitue une autre solution efficace pour abaisser la température du mélange.
- ✓ Les procédés de vulcanisation nécessitent des sources d'énergie fiables, pouvant être régulées avec précision quant à la température, la pression et la durée. Un appareillage efficace et étalonné régulièrement ainsi qu'un dispositif de régulation assurant flexibilité et fiabilité sont essentiels.

G : Entreposage des produits finis

La solution idéale serait de faire en sorte que les produits finis soient directement récupérés en fin de fabrication, chargés dans un camion et livrés au client. Dans ce cas, aucun espace d'entreposage ne serait requis. Nul besoin de chauffage, d'éclairage ou de matériel de transport pour déplacer les produits finis à l'intérieur, à l'extérieur ou autour de l'entrepôt. Même si cette solution peut se révéler peu pratique pour la plupart des fabricants, le principe de réserver un espace minimum à l'entreposage des produits finis peut engendrer une diminution des besoins en matière de chauffage et d'éclairage.

Les déperditions thermiques au niveau du quai de déchargement peuvent être considérables si les portes sont laissées ouvertes pendant le déchargement ou si elles ne sont pas munies de sas de protection.

Conseils

(Peu ou pas de frais : 6 mois; coût moyen : 3 ans avec modifications; coût en capital : plus de 3 ans avec de nouveaux équipements.)

Peu ou pas de frais :

- ✓ Il n'est pas nécessaire de maintenir la température de cette zone au même niveau que celui des zones de production. Installer des thermostats. Envisager l'installation d'un système d'extincteurs automatiques sans air s'il y a risque de gel. Pour le confort du personnel affecté au chargement des camions, utiliser les appareils de chauffage à rayonnement sur la plate-forme de chargement.

Coût moyen :

- ✓ La qualité de l'éclairage n'est pas primordiale dans cette zone. Un éclairage hautement efficace, comme les lampes à vapeur de sodium, devrait être évalué. Envisager l'utilisation de détecteurs de mouvements pour éteindre la lumière quand il n'y a personne.

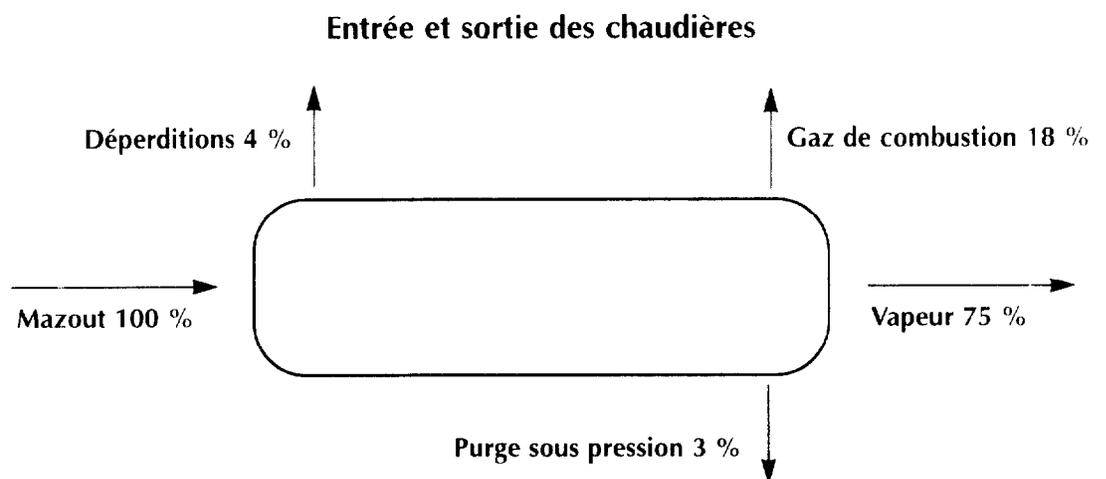
H : Chaudières et distribution de la vapeur

Dans la plupart des usines de caoutchouc, la vapeur est générée par des chaudières. Cette vapeur est essentiellement utilisée dans le procédé de cuisson et pour chauffer l'usine.

Pour certaines activités, le coût du mazout alimentant les chaudières peut représenter la moitié du montant total de la facture d'énergie. Il est donc important de s'assurer que les installations de chaudières et leur système de distribution sont exploités le plus efficacement possible au niveau de la consommation d'énergie. Cette section présente quelques principes fondamentaux permettant d'exploiter efficacement une installation de chaudières ainsi que quelques moyens permettant d'améliorer l'efficacité énergétique de l'installation. Il faut souligner que la conception et l'entretien d'une chaudière, tout comme le réseau de distribution de la chaleur, requièrent des connaissances approfondies dans le domaine; on doit donc faire appel à un expert avant d'apporter une quelconque modification technique au système ou un changement au niveau de son exploitation.

Chaudières

Le tableau suivant représente la puissance d'entrée et de sortie d'une chaudière classique à mazout ou à gaz. Le rendement thermique de la chaudière est de 75 %. (Remarque : selon le pouvoir calorifique du mazout, une chaudière à tube à gaz ou à mazout qui produit de la vapeur devrait fonctionner à un niveau d'efficacité de 75 % à 77 %).



Les paragraphes suivants traitent des principaux facteurs maîtrisables et qui, de ce fait, présentent les meilleures possibilités d'amélioration.

Déperditions de chaleur au niveau de la cheminée

La température de sortie du gaz de combustion et le degré d'excès d'air sont les principaux facteurs influant sur les déperditions de chaleur au niveau de la cheminée. Une combustion efficace réduit ces déperditions. Celle-ci sera favorisée par un réglage et un entretien satisfaisants des brûleurs et par l'utilisation de l'air au taux qui convient, avec une turbulence suffisante.

Déperditions thermiques dues à l'oxyde de carbone

Si le carbone n'est pas converti en oxyde de carbone, la surface d'échange thermique exposée aux flammes de la chaudière s'encrasse et l'efficacité de la chaudière est réduite. Ces inconvénients peuvent être dus à un manque d'air comburant, à un combustible inadéquat et à un mauvais brassage d'air, ou encore à un air comburant trop froid. L'oxyde de carbone peut être maintenu à un niveau minimum si la production de fumées noires est maîtrisée.

Déperditions thermiques dues aux purges sous pression

Le nombre de purges sous pression dépend du niveau de matières totales dissoutes (MTD) permis dans l'eau de la chaudière, de la qualité de l'eau d'appoint et de la quantité de condensats purs retournés à la chaudière.

Distribution de la vapeur

L'objet des systèmes de distribution de la vapeur et de retour de condensats est d'acheminer efficacement la vapeur de la chaudière vers le matériel de transformation et de chauffage, et de retourner les condensats à la chaudière pour réutilisation.

Les paragraphes suivants traitent des facteurs maîtrisables qui influent sur l'efficacité énergétique du système de distribution et qui, de ce fait, présentent les meilleures possibilités d'amélioration.

Canalisations redondantes

Dans les anciennes installations, qui ont fait l'objet de changements importants, on trouve souvent de nombreuses canalisations redondantes. Il arrive également que, en raison d'une diminution des besoins en vapeur, de grosses conduites acheminent de faibles volumes de vapeur.

Isolation

L'isolation et le choix des matériaux d'isolation adéquats constituent des facteurs importants dans la réduction des déperditions thermiques au niveau des conduites de vapeur, des brides, des soupapes, des canalisations de condensats, etc. Un manque d'isolation au niveau des conduites de vapeur entraîne également une condensation de la vapeur et diminue la qualité de celle-ci ainsi que celle du transfert de la chaleur vers les installations de production.

Purgeurs de vapeur d'eau

Les purgeurs de vapeur d'eau sont conçus pour éliminer les condensats des tuyauteries ou des installations de fabrication, pour empêcher la vapeur de s'échapper et pour libérer les gaz du dispositif d'acheminement de la vapeur de l'installation. Il n'est pas rare de constater que 10 % des purgeurs d'eau d'une usine de fabrication sont défectueux.

Transfert de chaleur

Un transfert de chaleur efficace de la vapeur vers les installations de fabrication est essentiel pour un bon rendement de l'activité de production. Le dépôt de tartre, de condensats et de films d'air sur la paroi métallique, côté vapeur, du dispositif de transfert de la chaleur peut diminuer considérablement l'efficacité du transfert.

Récupération des condensats

Les condensats peuvent contenir jusqu'à 20 % de la chaleur initiale utilisée pour générer la vapeur. Ils devraient être retournés à la chaudière pour être récupérés et pour que l'eau soit réutilisée afin d'alimenter la chaudière. Comme l'eau est chimiquement pure, seule la régulation du pH est recommandée.

Conseils

(Peu ou pas de frais : 6 mois; coût moyen : 3 ans avec modifications; coût en capital : plus de 3 ans avec de nouveaux équipements.)

Peu ou pas de frais :

- ✓ Les manomètres de pression, les indicateurs de température et les débitmètres servent à fournir des informations à des moments précis, lorsque le système exécute certaines fonctions importantes. Certaines de ces informations devraient être consignées pour qu'on puisse les consulter ultérieurement.

- ✓ L'efficacité de la chaudière devrait être régulièrement vérifiée. La façon la plus simple est de mesurer, pendant une même période, le volume de combustible utilisé et la quantité de vapeur générée. Convertir les deux résultats obtenus en unités d'énergie (kJ ou Btu); le coefficient de ces deux chiffres équivaut à l'efficacité de la chaudière.
- ✓ Pour savoir si la quantité d'air comburant utilisé est satisfaisante, vérifier le niveau d'oxygène et de dioxyde de carbone des gaz de combustion à l'aide d'un analyseur. Ces niveaux d'oxygène devraient se situer dans les fourchettes suivantes :
 - gaz naturel : 2,0 % minimum; 2,7 % maximum;
 - mazout lourd : 3,3 % minimum; 4,2 % maximum;Une diminution de 10 % de l'excédent d'oxygène réduira la température des gaz de combustion de 2,5 % et augmentera l'efficacité de la chaudière de 1,5 %.
- ✓ Un manque d'air comburant peut causer des dépôts de suie sur la surface léchée par les flammes de l'échangeur thermique de la chaudière. Des purgeurs de suie, ou des lances manuelles, serviront à éliminer toute accumulation. Un dépôt de tartre de 1 mm augmente la consommation de combustible de 2 %.
- ✓ Une purge excessive peut entraîner des pertes considérables d'énergie thermique et de produits chimiques utilisés pour le traitement de l'eau. Vérifier régulièrement la quantité de matières totales dissoutes (MTD) et régler le niveau des purgeurs au minimum requis.
- ✓ Établir un programme d'entretien pour l'inspection, la réparation et le remplacement des purgeurs de vapeur. Un purgeur qui perd 7 bars de vapeur par un orifice de 2 mm de diamètre perd 10 kg de vapeur à l'heure.
- ✓ Établir des programmes d'entretien pour détartre régulièrement les surfaces d'échange thermique, côté vapeur et côté procédé.

Coût moyen :

- ✓ Vérifier la température des gaz de combustion. Il existe de nombreux dispositifs servant à récupérer la chaleur de ces gaz. Le plus courant est l'économiseur, qui utilise la chaleur des gaz de combustion pour chauffer l'eau d'alimentation de la chaudière. Une réduction de 20 °C de la température des gaz de combustion améliore de 1 % l'efficacité de la chaudière.

- ✓ La vapeur peut être collectée dans un réservoir à vaporisation instantanée pour générer de la vapeur à basse pression qui sera utilisée dans les appareils de chauffage ou dans les dégazeurs. D'autres sources de chaleur peuvent être utilisées pour préchauffer l'eau d'alimentation.
- ✓ L'évacuation de l'huile usagée peut se révéler coûteuse. On peut équiper les chaudières de brûleurs qui mélangeront l'huile usagée avec le carburant de chaudière courant. Cette solution permet de réaliser des économies au niveau du mazout et des coûts d'évacuation.
- ✓ Réutiliser les condensats comme eau d'alimentation.
- ✓ Éliminer la tuyauterie redondante. La tuyauterie surdimensionnée devrait être remplacée. La disposition de la tuyauterie devrait être revue et optimisée tous les cinq ans.
- ✓ Établir un programme d'isolation et prévoir régulièrement un budget pour renouveler l'isolation et remplacer celle qui est défectueuse.

I : Air comprimé

L'air comprimé est abondamment utilisé dans certaines usines de fabrication du caoutchouc pour l'alimentation de certains éléments du matériel de production, pour le fonctionnement des outils pneumatiques et parfois, pour éliminer l'eau ou la poussière de la surface des produits ou du matériel.

L'air comprimé est une forme d'énergie inefficace, donc très onéreuse. Le plus d'efforts possible devraient être consacrés à diminuer son utilisation et à améliorer l'efficacité des systèmes à air comprimé.

La pression de l'air comprimé utilisée pour un système est déterminée selon l'opération qui requiert la pression la plus élevée. Les compresseurs sont en général du type à vis ou à piston.

Les systèmes à air comprimé ont souvent des fuites. Le tableau suivant indique les coûts qu'occasionnent les fuites d'air par des trous de différentes dimensions, pour un indicateur de pression de 600 kPa et un coût de l'énergie électrique de 5 cents par kWh.

| Diamètre | Fuite d'air | Coût mensuel |
|----------|-------------|--------------|
| 1 mm | 1,0 L/s | 10 \$ |
| 3 mm | 10,0 L/s | 111 \$ |
| 5 mm | 26,7 L/s | 298 \$ |
| 10 mm | 105,0 L/s | 1 182 \$ |

Conseils

(Peu ou pas de frais : 6 mois; coût moyen : 3 ans avec modifications; coût en capital : plus de 3 ans avec de nouveaux équipements.)

Peu ou pas de frais :

- ✓ Réduire la pression du système à air comprimé au minimum requis pour les divers éléments du matériel. S'assurer que le système utilisé n'est pas défectueux (il nécessite peut-être une pression plus élevée que celle qui a été prévue) et qu'il n'y a pas de problèmes de tuyauterie pouvant entraîner des baisses de pression.
- ✓ Réparer toutes les fuites du réseau de distribution. Les déperditions sont courantes au niveau des joints, des soupapes, des raccords et des prises d'eau d'incendie.

- ✓ Éviter qu'il y ait de l'eau dans le système. L'eau entraîne la corrosion des conduites qui cause à son tour une résistance de l'écoulement, une chute de la pression et des piqûres pouvant se transformer en fuites.
- ✓ L'air des compresseurs devrait provenir de l'endroit le plus frais, en principe de l'extérieur. Si les compresseurs sont refroidis à l'air, évacuer l'air à l'extérieur pendant l'été et à l'intérieur, pour chauffer, pendant l'hiver.
- ✓ Arrêter les compresseurs lorsque la production est arrêtée. Si certains appareils ont besoin d'air comprimé, réserver un compresseur à cet usage.
- ✓ Si on utilise des compresseurs à vis et à piston en parallèle, maintenir toujours le compresseur à vis à pleine charge. Si une charge partielle est requise, utiliser le compresseur à piston et arrêter le compresseur à vis.

Coût moyen :

- ✓ Revoir toutes les opérations pour lesquelles l'air comprimé est utilisé et dresser la liste des sources d'énergie qui pourraient être utilisées pour remplacer l'air comprimé.
- ✓ Dans le cas de compresseurs à refroidissement par eau, chercher à récupérer la chaleur du circuit d'eau de refroidissement.
- ✓ Quand plusieurs compresseurs sont requis, arrêter un ou plusieurs compresseurs plutôt que de les faire fonctionner en charge partielle lorsque la demande est peu élevée.

J : Refroidissement de l'eau

Lorsqu'une grande quantité d'eau de refroidissement est utilisée, il est recommandé de recycler l'eau en la faisant passer dans une tour de refroidissement. Ce procédé permet de réduire au minimum le coût d'achat de l'eau ainsi que les frais d'évacuation des eaux usées.

Le fonctionnement d'une tour de refroidissement requiert de l'électricité pour alimenter les ventilateurs et les pompes, des produits chimiques pour traiter l'eau, et de l'eau d'appoint pour compenser l'évaporation ainsi qu'un entretien régulier. Ce sont des coûts qu'il faut prendre en compte lorsque l'on décide d'installer un tel système.

Toute opération qui nécessite de l'eau de refroidissement devrait être soigneusement contrôlée pour s'assurer qu'un minimum d'eau de refroidissement est utilisé. Lorsque les opérations sont arrêtées, l'arrivée d'eau de refroidissement devrait être coupée.

Dans l'industrie du caoutchouc, l'eau de refroidissement est utilisée pour éviter la surchauffe du produit entraînée par l'utilisation d'un équipement surdimensionné. Si l'on trouve le moyen de réduire cet effet de surchauffe, les besoins en eau de refroidissement et en énergie en seront diminués d'autant.

Conseils

(Peu ou pas de frais : 6 mois; coût moyen : 3 ans avec modifications; coût en capital : plus de 3 ans avec de nouveaux équipements.)

Peu ou pas de frais :

- ✓ Le débit de l'eau devrait être régulé en fonction du niveau de refroidissement requis et l'arrivée de l'eau devrait être coupée lorsqu'aucun refroidissement n'est nécessaire. Cette opération peut s'effectuer manuellement, mais il est préférable d'utiliser un système de commande automatique.

Coût moyen :

- ✓ Un système de refroidissement à passage simple est un système parallèle grâce auquel l'eau de refroidissement est utilisée une fois au cours de l'opération, puis est renvoyée à sa source ou rejetée dans l'égout. Un système de refroidissement à passages multiples est un système à montage série grâce auquel l'eau est utilisée deux fois ou plus au cours d'une opération avant d'être renvoyée à sa source ou rejetée dans l'égout. C'est ce dernier système qui consomme le moins d'énergie.
- ✓ Se référer aux conseils énoncés dans la section intitulée « Transformation (malaxeurs, calandres et extrudeuses) ».
- ✓ Trouver des moyens de récupérer et de réutiliser la chaleur produite par l'eau de refroidissement après son utilisation.

K : Moteurs électriques

Dans une entreprise industrielle type, les moteurs électriques consomment 80 % de l'approvisionnement total en électricité. Il est donc important d'utiliser des moteurs qui sont capables de convertir une grande partie de l'énergie électrique qu'ils consomment en énergie mécanique. Dans de nombreuses applications industrielles, les moteurs électriques sont souvent surdimensionnés par rapport à la tâche qu'ils ont à effectuer et, de ce fait, fonctionnent bien en dessous de leur capacité nominale. La plupart des moteurs sont conçus pour fonctionner efficacement à un niveau se situant entre 75 % et 100 % de leur capacité nominale. En dessous de ce niveau, le fonctionnement des moteurs occasionne des coûts supplémentaires :

- à des charges de moins de 50 %, l'efficacité d'un moteur est considérablement réduite, ce qui entraîne une augmentation des coûts énergétiques;
- à des charges de moins de 75 %, le niveau peu élevé du facteur de puissance peut entraîner des sanctions au niveau de la facturation pour mauvaise utilisation de l'énergie électrique.
- les plus gros moteurs coûtent plus cher.

Les moteurs à induction triphasés à haut rendement sont disponibles dans différentes puissances allant de 1 hp à 200 hp. Ils coûtent plus cher que des moteurs standard, mais permettent de réduire de 7 % à 10 % les coûts énergétiques (kWh) et l'appel de puissance (kW). À titre indicatif, la consommation d'électricité d'un moteur pendant sa durée de vie représente 75 fois son coût d'achat.

Le simple remplacement d'un moteur standard par un moteur éconergétique n'est pas forcément rentable, mais le remplacement d'un moteur standard surdimensionné par un moteur éconergétique dont la puissance convient à la tâche qu'il doit effectuer pourrait s'avérer un bon investissement.

Toute application nécessitant l'utilisation de moteurs électriques doit être soigneusement examinée de façon à déterminer quelles sont les mesures à prendre le cas échéant.

Conseils

(Peu ou pas de frais : 6 mois; coût moyen : 3 ans avec modifications; coût en capital : plus de 3 ans avec de nouveaux équipements.)

Peu ou pas de frais :

- ✓ Lorsque des petits moteurs tombent en panne, les remplacer par des moteurs éconergétiques.

Coût moyen :

- ✓ Si des gros moteurs doivent être réenroulés, il est recommandé de les remplacer par des moteurs éconergétiques. La différence entre le coût d'achat d'un nouveau moteur et le coût de réenroulement est en général rapidement compensée par les économies d'énergie réalisées.
- ✓ Il faut envisager le remplacement des moteurs fonctionnant à moins de 50 % de leur charge nominale par des moteurs éconergétiques.

L : Enveloppe des bâtiments

Dans la majeure partie du Canada, les immeubles doivent être chauffés en hiver et rester frais en été. On y parvient grâce à l'utilisation d'un système CVC bien conçu, mais l'installation d'un tel système peut augmenter considérablement le coût des opérations de fabrication. On peut également réduire les déperditions ou l'apport de chaleur en effectuant les modifications suivantes :

- réduire le transfert de chaleur qui s'effectue par les murs, le toit et les fenêtres;
- réduire les fuites d'air au niveau des portes, des fenêtres et autres ouvertures.

Conseils

(Peu ou pas de frais : 6 mois; coût moyen : 3 ans avec modifications; coût en capital : plus de 3 ans avec de nouveaux équipements.)

Peu ou pas de frais :

- ✓ Envisager l'utilisation de vitrage absorbant ou réfléchissant pour les fenêtres des bureaux de façon à réduire l'absorption de l'énergie solaire en été et permettre au contraire l'absorption des rayons solaires dont l'angle est faible en hiver.
- ✓ Les portes donnant sur l'extérieur doivent être isolées pour empêcher l'air de s'échapper ou de pénétrer dans l'immeuble. Il est recommandé d'installer des portes à tambour, des vestibules et des portes automatiques dans les zones où la circulation est importante. Les portes des quais de chargement doivent être équipées de sas de protection.
- ✓ Le seul moyen d'améliorer l'isolation des murs d'un bâtiment est d'isoler convenablement les parois extérieures et de les recouvrir d'un revêtement à l'épreuve des intempéries.
- ✓ Dans les bâtiments à toit plat, la majeure partie des déperditions de chaleur en hiver et de l'apport de chaleur en été provient du toit. Avant d'y faire des réparations majeures, il est préférable d'envisager d'en améliorer l'isolation dans la mesure où les coûts additionnels occasionnés par une telle opération seront vite rentabilisés.
- ✓ Dans les usines de construction ancienne, les fenêtres sont généralement à vitrage simple et laissent passer l'air. Il faut envisager de les remplacer par des fenêtres à double vitrage en fibre de verre ou en plastique qui laissent passer la lumière, sont éconergétiques et incassables.

M : Système CVC

Les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation sont essentiellement conçus pour apporter un plus grand confort. Ils permettent, par une régulation de la température, de la ventilation et de l'humidité, de compenser les déperditions ou l'apport de chaleur.

Dans une usine de fabrication du caoutchouc, les systèmes CVC consomment une grande quantité d'énergie. Au Canada, la plus grande partie de l'énergie est utilisée pour alimenter les systèmes de chauffage et de ventilation, peu d'entreprises ayant jugé bon de doter leurs installations de systèmes de climatisation. Les entreprises qui ont peu investi dans la conservation de l'énergie pourraient s'apercevoir que l'installation d'un système CVC permet de réaliser d'importantes économies.

Il y a plusieurs moyens de réduire les besoins en chauffage et en ventilation. Voici quelques suggestions qui pourraient être envisagées au niveau des différentes sections des opérations de fabrication :

- améliorer l'isolation du bâtiment et limiter les fuites d'air (voir la section L « Enveloppe des bâtiments »);
- fixer des températures minimales acceptables pour chaque section du bâtiment pendant et en dehors des heures de travail;
- limiter la quantité d'air qui pénètre dans le bâtiment au niveau réglementaire;
- réduire au minimum la quantité d'air qui s'échappe du bâtiment;
- éviter la stratification de l'air pendant l'hiver;
- récupérer la chaleur perdue et la réutiliser pour chauffer le bâtiment.

Conseils

(Peu ou pas de frais : 6 mois; coût moyen : 3 ans avec modifications; coût en capital : plus de 3 ans avec de nouveaux équipements.)

Peu ou pas de frais :

- ✓ Lorsqu'un bâtiment est inoccupé, fermer les appareils CVC non indispensables.
- ✓ Utiliser si possible un système de chauffage par zone et réguler la température de chaque zone à l'aide d'un thermostat. Régler chaque thermostat à la température minimale acceptable pour le confort du personnel. Installer des dispositifs de remise au point de consigne pour abaisser la température lorsque les locaux sont inoccupés.

- ✓ Pendant l'hiver, éviter la stratification de l'air qui se produit lorsque l'air chaud monte au niveau du plafond et que l'air froid reste au niveau du sol, phénomène dû à une grande hauteur sous plafond et à une mauvaise circulation de l'air. L'utilisation de ventilateurs déstratificateurs réduira cette séparation des couches d'air. Soulignons toutefois que, dans la mesure où la stratification de l'air présente des avantages en été, les ventilateurs devraient être arrêtés lorsque le chauffage n'est pas nécessaire.

Coût moyen :

- ✓ Dans les cas où il faut évacuer les fumées produites au cours des différentes étapes de la fabrication telles que le malaxage et la cuisson, il est recommandé d'installer une hotte au-dessus de l'endroit d'où s'échappe la fumée et d'évacuer cette fumée à l'aide d'un ventilateur extracteur.
- ✓ Concevoir le système d'aération du bâtiment conformément aux normes minimales en vigueur. Les besoins d'aération peuvent varier en fonction de la tâche effectuée. Il serait bon d'envisager l'installation d'un système de commande automatique pour ouvrir et fermer les systèmes d'admission ou d'échappement d'air.
- ✓ Éviter les différences de pression entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment. Une pression négative à l'intérieur du bâtiment laissera entrer l'air froid par les ouvertures de portes, les fissures, etc., alors qu'une pression positive laissera s'échapper l'air chaud.
- ✓ La fabrication du caoutchouc offre de nombreuses occasions de récupérer la chaleur perdue. Quelques exemples en ont été donnés dans la section H intitulée « Chaudières et distribution de la vapeur ». Il est normalement possible de récupérer 65 % de la chaleur produite par le système d'échappement de l'air.
- ✓ Réduire les coûts en remplaçant le système de chauffage à résistances électriques par un système de chauffage au gaz direct ou indirect ou par une chaudière.

Coût en capital :

- ✓ L'installation d'un système de chauffage à l'énergie solaire est une solution fort intéressante, mais son coût est élevé. Au prix actuel de l'énergie, un tel investissement pourrait prendre plusieurs années à rentabiliser, mais pourrait s'avérer très profitable à l'avenir compte tenu de l'évolution du prix du combustible.

N : Éclairage

Pour déterminer le niveau d'éclairage et le type d'éclairage approprié aux différents lieux de production, il convient tout d'abord d'effectuer une étude des lieux qui apportera des précisions sur les éléments suivants :

- le local;
- la tâche qui y est effectuée;
- le type d'éclairage;
- le niveau d'éclairage.

On peut mesurer les niveaux d'éclairage à l'aide d'un photomètre qui indique l'intensité lumineuse en lux (lumen par mètre carré).

À la suite de cette étude, il faudra déterminer si le niveau d'éclairage actuel est adéquat et si l'on peut réaliser des économies d'énergie en modifiant certaines méthodes de travail ou en apportant des changements à l'équipement. Le tableau suivant indique les niveaux d'éclairage qui conviennent à un certain nombre de tâches.

| Niveaux d'éclairage | | |
|---|--------------------------|----------------------------------|
| Type de tâche/d'activité | Niveau d'éclairage (lux) | Exemples |
| Aire de stationnement extérieure | 20 | |
| Entrée du bâtiment | 50 | |
| Tâches effectuées occasionnellement | 150 | entrepôts, aires de stockage |
| Allées intérieures | 150 | corridors |
| Tâches nécessitant peu de minutie | 300 | malaxage |
| Tâches nécessitant une certaine minutie | 750 | calandrage, confection des pneus |
| Bureaux | 750 | |
| Inspection | 1500 | produit fini |

Dans une usine de fabrication du caoutchouc, l'éclairage type consiste en un éclairage général d'une intensité de 150 lux et en un éclairage spécifique aux différentes tâches. Le tableau ci-dessous fournit des renseignements sur les systèmes d'éclairage les plus couramment utilisés.

| Type d'éclairage | Efficacité d'une lampe (lumen/watt) | Durée de vie coût afférent (heures) | Coût afférent en capital | Coût en entretien |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------|
| Incandescent | 10-35 | 1 000+ | faible | élevé |
| Fluorescent | 40-100 | 10 000+ | moyen | moyen |
| Vapeur de sodium à haute pression | 50-140 | 20 000+ | élevé | faible |

Conseils

(Peu ou pas de frais : 6 mois; coût moyen : 3 ans avec modifications; coût en capital : plus de 3 ans avec de nouveaux équipements.)

Peu ou pas de frais :

- ✓ Inciter les membres du personnel à éteindre les lumières quand ils n'en ont pas besoin. À titre indicatif, l'éclairage fluorescent devrait être éteint après 15 minutes de non utilisation et l'éclairage à vapeur de sodium à haute pression, après une heure.
- ✓ Réduire le nombre de sources d'éclairage dans les zones trop éclairées. Enlever également les ballasts pour lampes fluorescentes et à vapeur de sodium, car ils consomment de l'électricité même lorsque le tube ou l'ampoule ont été enlevés.
- ✓ Pour des activités comme la surveillance des bâtiments, l'entreposage, etc., utiliser des minuteries, des cellules photoélectriques et des détecteurs de mouvement pour allumer ou éteindre automatiquement les lumières.
- ✓ L'utilisation de gradateurs permet de réaliser d'importantes économies d'énergie. Ces dispositifs permettent de réduire l'intensité de la lumière dans la zone de production en dehors des heures de travail et dans les bureaux pendant les périodes d'entretien.
- ✓ Les tubes, les réflecteurs, les appliques et plafonniers sales réduisent l'efficacité du système d'éclairage. Il est donc conseillé de les nettoyer régulièrement.

Coût moyen :

- ✓ Réduire au minimum le niveau d'éclairage général et fournir un éclairage spécifique pour les différentes tâches à exécuter.

V - Systèmes de contrôle et de commande de l'énergie

Un système de contrôle et de commande de l'énergie est un système informatisé qui recueille les données fournies par les compteurs et transducteurs et assure le contrôle des appareils consommateurs d'électricité. Ces systèmes sont conçus pour gérer efficacement la consommation d'énergie en limitant les coûts au minimum. Autrefois, leur coût d'achat était très élevé et seules les grosses entreprises pouvaient les acheter. A l'heure actuelle, avec la diminution des prix des ordinateurs et l'augmentation des coûts énergétiques, ils sont devenus beaucoup plus abordables pour les petites entreprises.

Un tel système peut se présenter sous la forme d'un système autonome qui contrôle et commande automatiquement un seul appareil, tel qu'un dispositif de régulation thermique, ou sous la forme d'un système intégré de gestion de l'énergie qui contrôle et commande tous les appareils électriques et thermiques utilisés pour le chauffage, la ventilation, la climatisation et l'éclairage d'un bâtiment.

Le tableau ci-dessous indique les éléments qui peuvent être contrôlés et commandés par un système de ce type.

| Éléments susceptibles d'être contrôlés ou commandés | | |
|--|---|--|
| | Contrôle | Commande |
| Éclairage | fluorescent, incandescent | arrêt/marche, niveau, modulation |
| Température | espace, temp. ambiante, zone, section | arrêt/marche, pré réglage, remise au point de consigne |
| Débit | liquide, gaz, vapeur | arrêt/marche, pré réglage, vitesse, niveau |
| Pression | liquide, gaz, vapeur | arrêt/marche, pré réglage, vitesse, niveau |
| Énergie | électrique, mécanique, thermique | arrêt/marche, pré réglage, vitesse, niveau |
| Position | angulaire, linéaire, circulaire, rotative | arrêt/marche, pré réglage, angulaire, linéaire, circulaire, rotative |
| Machine | opération, position | arrêt/marche, pré réglage, position |

Soulignons que les systèmes de commande utilisés pour les opérations de production permettent non seulement de réaliser des économies d'énergie, mais aussi d'améliorer la qualité et la productivité.

Conseils

(Peu ou pas de frais : 6 mois; coût moyen : 3 ans avec modifications; coût en capital : plus de 3 ans avec de nouveaux équipements.)

Peu ou pas de frais :

- ✓ Déterminer les différentes étapes du procédé de fabrication qui, grâce à un système de commande automatique, pourraient être améliorées et générer des économies importantes. Concevoir un système intégral, mais pouvant être mis en place de façon modulaire.

Coût moyen :

- ✓ Les factures des services publics fournissent un certain nombre de renseignements sur la consommation énergétique, mais ces données sont loin d'être suffisantes pour la mise en oeuvre d'un programme efficace de gestion de l'énergie. Les personnes responsables de la gestion de l'énergie doivent notamment connaître le débit, la température et la pression de la vapeur, de l'eau et de l'air comprimé aussi bien au niveau de l'ensemble des opérations de production qu'au niveau des principales unités de production. Ils doivent aussi savoir où, quand et combien d'électricité est consommée à chaque étape du procédé de fabrication. En premier lieu, il convient d'installer suffisamment d'appareils de contrôle et d'enregistrement pour obtenir une image précise des habitudes de consommation des installations de production.

Coût en capital :

- ✓ Installer des systèmes automatiques de gestion de l'énergie au niveau :
 - de la gestion de la demande de pointe;
 - du système CVC;
 - de la chaudière;
 - des mélangeurs;
 - de la cuisson.

Facteurs de conversion

Énergie

| | |
|-----------------------------------|--|
| 1 kWh | 3 412 Btu |
| 1 Therm | 100 000 Btu |
| 1 Therm | 29,31 kWh |
| 1 m de gaz naturel | 10,35 kWh (varie légèrement selon le fournisseur) |
| 1 gallon US d'huile n° 2 | 41,03 kWh |
| 1 gallon US d'huile n° 4 | 42,20 kWh |
| 1 gallon US d'huile n° 6 | 44,55 kWh |
| 1 puissance de chaudière hp | 9,812 kWh |
| 1 puissance mécanique hp | 0,746 kWh |
| 1 MJ | 0,278 kWh |
| 1 MJ | 948,5 Btu |

Pression

| | |
|-------------|-----------|
| 1 bar | 14,50 psi |
|-------------|-----------|

Renseignements

Programmes de gestion de l'énergie des gouvernements provinciaux

Alberta

Direction du rendement énergétique
Ministère de l'Énergie
9945, 108^e rue
North Petroleum Plaza, 7^e étage
Edmonton AB T5K 2G6
Tél. : (403) 427-5200

Colombie-Britannique

Direction de la gestion de l'énergie
Ministère de l'Énergie, des Mines et des
Richesses pétrolières
617, rue Government, bureau 418
Victoria BC V8V 1X4
Tél. : (604) 387-3048

Manitoba

Direction de la gestion de l'énergie
Ministère de l'Énergie et des Mines
555 - 330, avenue Graham
Winnipeg MB R3C 4E3
Tél. : (204) 945-1111

Nouveau-Brunswick

Direction de l'énergie
Ministère des Ressources naturelles
C.P. 6000
Fredericton NB E3B 5H1
Tél. : (506) 453-3949

Terre-Neuve

Division de l'efficacité énergétique et des
énergies de remplacement
C.P. 8700
St. John's NF A1B 4J6
Tél. : (709) 576-2776

Nouvelle-Écosse

Département des ressources naturelles
C.P. 698
Halifax NS B3J 2T9
Tél. : (902) 424-5351

Ontario

Direction des programmes et de la
technologie
Ministère de l'Environnement et de
l'Énergie
56, rue Wellesley ouest, 14^e étage
Toronto ON M7A 2B7
Tél. : (416) 327-2955

Île-du-Prince-Édouard

Direction de l'énergie et des minéraux
Ministère du Développement
économique et du Tourisme
C.P. 2000
Charlottetown PE C1A 7N8
Tél. : (902) 368-5010

Québec

Direction de l'efficacité énergétique
Ministère des Ressources naturelles du
Québec
5700, 4^e avenue ouest, pièce B-406
Charlesbourg QC G1H 6R1
Tél. : (418) 646-9395

Saskatchewan

Direction de l'énergie
Ministère de l'Énergie et des Mines
1914, rue Hamilton
Regina SK S4P 4V4
Tél. : (306) 787-2618

Services publics d'électricité

Alberta Power Limited
Développement du marché
C.P. 2426
Edmonton AB T5J 2V6
Tél. : (403) 420-7644

British Columbia Hydro
Direction de la gestion de l'énergie
1177, rue Hornby, bureau 900
Vancouver BC V6Z 2E9
Tél. : (604) 663-3286

Edmonton Power
Service à la clientèle
Place Century
9803 - 102A Avenue
Edmonton AB T5J 3A3
Tél. : (403) 448-3020

Hydro-Québec
Efficacité énergétique
1010, rue Ste-Catherine ouest
C.P. 6162
Montréal QC H3C 4S7
Tél. : (514) 392-8164

Manitoba Hydro
Gestion de l'énergie
C.P. 815
Winnipeg MB R3C 2P4
Tél. : (204) 474-3341

Maritime Electric Co. Ltd.
Service à la clientèle
C.P. 1328
Charlottetown PE C1A 7N2
Tél. : (902) 566-1599

Énergie NB
Gestion de l'économie et de l'énergie
C.P. 2000
Fredericton NB E3B 4X1
Tél. : (506) 458-3196

Newfoundland and Labrador Hydro
Analyse économique
C.P. 12400
St. John's NF A1B 4K7
Tél. : (709) 737-1354

Newfoundland Power
Gestion de l'énergie
C.P. 8910
St. John's NF A1B 3P6
Tél. : (709) 737-2854

Nova Scotia Power
Programmes de gestion intégrée
C.P. 910
Halifax NS B3J 2W5
Tél. : (902) 428-6455

Ontario Hydro
Services de l'énergie et Environnement
700, avenue University (H19-A20)
Toronto ON M5G 1X6
Tél. : (416) 592-3321

SaskPower
Services de la gestion de l'énergie
2025, avenue Victoria
Regina SK S4P 0S1
Tél. : (306) 566-2914

TransAlta Utilities
Programmes d'efficacité énergétique
C.P. 1900
Calgary AB T2P 2M1
Tél. : (403) 267-7345

West Kootenay Power
PowerSmart
1260, Commercial Way
Trail BC V2A 3H5
Tél. : (604) 493-3818

Winnipeg Hydro
Service à la clientèle
223, avenue James
Winnipeg MB R3B 3L1
Tél. : (204) 986-2214

Services publics de gaz naturel

BC Gas Utility Inc.

Ingénieur principal de produit, (industriel)
111, rue Georgia ouest, 6^e étage
Vancouver BC V6E 4M4
Tél. : (604) 443-6772

Canadian Western Natural Gas

Marketing industriel
909 - 11, avenue South West
Calgary AB T2R 1L8
Tél. : (403) 245-7740

Centra Gas Ontario Inc.

Ingénieur principal
200, boulevard Yorkland
North York ON M2J 5C6
Tél. : (416) 496-5221

Centra Gas Manitoba Inc.

Ingénieur principal
510-444, avenue St. May
Winnipeg MB R3C 3T7
Tél. : (204) 934-3227

Gaz Métropolitain Inc.

Directeur du développement et de l'aide
technologique
1717, rue du Havre
Montréal QC H2K 2X3
Tél. : (514) 598-3461

SaskEnergy

Chef, Gestion de l'énergie
1945, rue Hamilton, 11^e étage
Regina SK S4P 2C7
Tél. : (304) 777-9368

The Consumers' Gas Company Limited

Directeur industriel, Marketing
commercial
2235, avenue Sheppard est, 10^e étage
North York ON M2J 5B5
Tél. : (416) 496-5315

Union Gas Ltd.

Directeur du développement et de la
technologie
50, promenade Kiel nord
Chatham ON N7M 5M1
Tél. : (519) 436-4671

Liste de vérification (cocher la case lorsqu'une action doit être entreprise)

Réduction des dépenses en électricité

Demande

- Connaissez-vous le profil de charge de vos installations ? Disposez-vous d'un système qui empêche la charge de dépasser un certain niveau pendant les périodes facturées au tarif de pointe ?
- Le matériel qui fonctionne actuellement pendant les périodes de pointe peut-il être utilisé pendant les périodes hors pointe ou les périodes de pointe durant lesquelles la charge est plus faible ?
- Pendant les périodes de pointe, le fonctionnement du matériel non indispensable peut-il être arrêté soit manuellement soit à l'aide de minuteries ?

Consommation

- Existe-t-il un système qui permet d'arrêter le matériel de production et le matériel auxiliaire lorsqu'il n'est pas utilisé ?
- Les lumières sont-elles éteintes lorsque les bâtiments, les aires de stockage, les bureaux et les autres locaux sont inoccupés ? L'éclairage de sécurité extérieur peut-il être activé à l'aide de détecteurs de mouvement ?
- Avez-vous mis en oeuvre un programme de remplacement des moteurs usagés par des moteurs éconergétiques ?

Facteur de puissance

- Le facteur de puissance, tel qu'indiqué sur la facture d'électricité, est-il inférieur à 90 % ?

Entreposage des matières premières

- Dans les aires d'entreposage, le chauffage est-il régulé et la température est-elle maintenue au niveau minimal acceptable ?
- Les portes des quais de chargement sont-elles munies de sas de protection ? Restent-elles fermées en dehors des opérations de chargement et de déchargement ?

- Est-il possible de réduire l'intensité de l'éclairage ? Utilisez-vous un éclairage à haute efficacité ?
- Si vous utilisez des chariots élévateurs électriques, le chargement des batteries est-il effectué pendant les périodes hors pointe ?
- La chambre chaude est-elle correctement isolée et les portes sont-elles suffisamment isolées pour réduire au minimum les déperditions de chaleur ?
- Les portes de la chambre chaude restent-elles bien fermées en dehors des opérations de chargement et de déchargement ?
- La quantité de caoutchouc chauffé dans les chambres chaudes justifie-t-elle l'acquisition d'un système de chauffage à micro-ondes ?
- Les palettes de caoutchouc sont-elles empilées de façon à maximiser la surface de contact avec le fluide chauffant ?
- Les réservoirs à huile chaude et la tuyauterie sont-ils correctement isolés ?

Mélangeage

- Les mélangeurs sont-ils équipés d'enregistreurs de température et de kilowatts ?
- Les mélangeurs sont-ils munis de compteurs de kilowattheures ?
- Les systèmes de pesage offrent-ils une précision de +/- 0,2 % ?
- Certains facteurs extérieurs peuvent-ils entraîner des retards entre les différentes charges ?
- Est-il possible d'accélérer certaines des opérations secondaires suivantes ?
 - chargement initial du mélangeur (vitesse de la courroie, ouverture et fermeture des trappes, retards);
 - temps de déchargement des produits noirs et autres produits chimiques;
 - injection du mazout;
 - mouvements du poussoir;
 - vitesse du mélangeur;
 - déchargement du mélangeur.
- Le moteur du mélangeur fonctionne-t-il au maximum ou presque de sa charge nominale ? Dans le cas contraire, la charge du poussoir peut-elle être augmentée ?

- Le facteur de remplissage du mélangeur peut-il être augmenté ? Autrement dit, la taille de la charge peut-elle être accrue ?
- Est-il possible de réduire le nombre des étapes du mélangeage en modifiant le matériel ou le procédé lui-même ? Des agents vulcanisants peuvent-ils être ajoutés aux malaxeurs en aval ?
- Le mélangeur le plus efficace fonctionne-t-il pendant tous les quarts de travail, pendant l'heure des repas, pendant les changements d'équipe, etc. ?
- Arrive-t-il que la productivité du mélangeur le plus efficace soit réduite à cause de retards inopportuns ?
- Le mélangeur est-il équipé d'un système de commande informatisé qui, en régulant le temps, la température, la charge et la puissance des opérations de mélangeage, permet d'optimiser son rendement ?
- Si les installations comprennent plus d'un mélangeur, est-il possible de fermer l'un de ces appareils au profit d'un autre alimenté par un moteur plus puissant ?
- Peut-on remplacer plusieurs mélangeurs de moindre efficacité par un nouveau mélangeur plus performant ?
- Les systèmes de dépoussiérage sont-ils munis d'engrenages à vitesse variable ?
- L'air évacué par le poussoir est-il réutilisé dans d'autres systèmes tels que le système de manutention pneumatique des matériaux ?
- Dans le cas de certains dispositifs tels que le poussoir, est-il possible de remplacer l'air comprimé par de l'énergie hydraulique ou électrique ?
- La chaleur absorbée par l'eau de refroidissement qui circule dans les mélangeurs ou les malaxeurs peut-elle être utilisée pour chauffer les huiles ou l'air d'appoint ?

Transformation (malaxeurs, calendres et extrudeuses)

- Au cours des opérations de transformation, a-t-on constaté que le corps commençait à griller ?
- Le temps de grillage résiduel de chaque corps est-il vérifié régulièrement ? Les temps de grillage résiduels présentent-ils une grande variabilité ?
- Est-il nécessaire de réduire la température du corps à une étape quelconque de la transformation ?
- La hauteur et l'écartement des cylindres du malaxeur sont-ils adéquats ?
- Les malaxeurs sont-ils vidés pendant les arrêts de production ?
- L'équipement est-il arrêté lorsqu'il n'est pas utilisé ?
- Examiner les différentes utilisations de l'eau de refroidissement au cours de la transformation. Y a-t-il moyen de réduire la quantité d'eau de refroidissement utilisée ?
- Procédez-vous à un détartrage régulier des cavités de refroidissement ?
- Le corps est-il réparti uniformément dans l'écartement des cylindres ?
- La température des cylindres de la calandre et des différentes sections de l'extrudeuse est-elle régulée par des dispositifs de commande automatique ?
- Des ciments adhésifs sont-ils utilisés au cours de la transformation ?
- Est-il possible de réorganiser les opérations en abandonnant une chaîne de production moins efficace au profit d'une autre plus performante ?
- Passer en revue les étapes du procédé qui requièrent l'utilisation d'air comprimé. Est-il possible de réduire ou de supprimer l'utilisation de l'air comprimé ?
- Y a-t-il des étapes du procédé où il est possible de convertir le système d'alimentation à chaud par un système d'alimentation à froid ?
- Disposez-vous d'un système pour vérifier le calibre du produit au moment du calendrage et de l'extrusion ? Une amélioration de la vérification du calibre du produit entraînerait-elle une réduction du temps de cuisson ?

Cuisson/vulcanisation

- Le temps de cuisson comporte-t-il d'importants facteurs de sécurité ? Ces facteurs de sécurité ralentissent-ils la vitesse de transformation dans le cas des opérations de cuisson continue ou allongent-ils la durée des cycles de cuisson dans le cas des autres opérations ?
- Peut-on modifier la composition chimique des mélanges ou la température de cuisson de manière à réduire les temps de cuisson et à diminuer la consommation d'énergie ?
- Les moules, les plateaux porte-moules, le matériel, la tuyauterie, etc., sont-ils suffisamment isolés pour assurer une déperdition de chaleur minimale ?
- Disposez-vous d'instruments efficaces pour mesurer la température et la pression des installations techniques et des opérations de cuisson ? L'étalonnage des instruments est-il régulièrement effectué ?
- Les presses sont-elles munies de dispositifs de commande automatique de la température et du temps ?
- Le procédé de cuisson est-il souvent interrompu, occasionnant ainsi des pertes d'énergie substantielles ? Le cycle d'ouverture et de fermeture des opérations de moulage peut-il être réduit de manière à limiter les déperditions de chaleur ? Y a-t-il des installations de chauffage sous tension reliées à du matériel inutilisé ? Est-il possible de fermer certaines presses en augmentant le temps de fonctionnement des presses individuelles ?
- Serait-il possible de remplacer l'énergie thermique par une énergie plus économique ?
- L'énergie hydraulique peut-elle être utilisée de façon plus éconergétique ?
- Est-il possible de récupérer la chaleur perdue pour chauffer les installations, l'eau d'alimentation de la chaudière, l'huile, etc. ?

Débris, déchets et réusinage

- Connaissez-vous la quantité et l'origine des débris, déchets et matériaux à réusiner produits au cours de la fabrication ? La quantité de ces débris, déchets et matériaux à réusiner est-elle excessive par rapport à celle des autres producteurs de caoutchouc ?
- Disposez-vous d'un système qualité efficace et les opérateurs de production participent-ils à l'application de ce système ? Y a-t-il des diagrammes de contrôle à tous les postes de travail ?

- Les systèmes de contrôle et de pesage des mélangeurs sont-ils adéquats ?
- Les mélanges sont-ils correctement refroidis avant d'être transférés dans le mélangeur en aval ?
- Les opérateurs de malaxeur, de calandre et d'extrudeuse utilisent-ils correctement ces appareils ?
- Existe-t-il un système de récupération efficace visant à réparer et à recycler les produits défectueux ou les matériaux en cours de fabrication ?
- Disposez-vous d'un matériel de mesure et d'enregistrement suffisant pour permettre au personnel de régler correctement les appareils et aux ingénieurs de détecter les problèmes ?

Entreposage des produits finis

- Dans les aires d'entreposage, le chauffage est-il régulé et la température est-elle maintenue au niveau minimal acceptable ?
- Les portes des quais de chargement sont-elles munies de sas de protection ? Restent-elles fermées en dehors des opérations de chargement et de déchargement ?
- Est-il possible de réduire l'intensité de l'éclairage ? Utilisez-vous un éclairage à haute efficacité ?
- Si vous utilisez des chariots élévateurs électriques, le chargement des batteries est-il effectué pendant les périodes hors pointe ?

Chaudières et distribution de la vapeur

- Le rendement de la chaudière est-il vérifié régulièrement ? Est-il acceptable pour ce type de chaudière et le type de combustible utilisé ?
- La chaudière peut-elle fonctionner à la fois au gaz naturel et au mazout de façon à tirer parti des contrats d'approvisionnement en gaz interruptible ?
- La vérification des taux de dioxyde de carbone et d'oxygène contenus dans les gaz de combustion est-elle effectuée régulièrement ? Ces taux sont-ils acceptables ?
- Quelle est la température des gaz de combustion ? Utilisez-vous un système de récupération de la chaleur ?

- Y a-t-il des traces de suie sur la surface de la chaudière qui est exposée à la flamme ? La flamme dans la chambre de combustion est-elle brillante et claire et brûle-t-elle sans laisser de marques ?
- Comment la fréquence des purges est-elle régulée ? Quelle est cette fréquence, correspond-elle au niveau recommandé par les spécialistes du traitement de l'eau et est-elle déterminée par la quantité de solides dissous dans l'eau de la chaudière ? Disposez-vous d'un système pour récupérer la chaleur provenant de la purge ?
- L'huile usagée est-elle brûlée dans la chaudière ?
- Les condensats sont-ils réutilisés ?
- Y a-t-il de la tuyauterie inutilisée ou surdimensionnée entraînant des déperditions excessives de chaleur ?
- Les conduites de vapeur, les brides, les valves, les canalisations des condensats, etc., sont-elles correctement isolées ?
- Y a-t-il des traces de fuites de vapeur ?
- Avez-vous établi un programme d'entretien pour l'inspection, la réparation et le remplacement des purgeurs de vapeur ? Quel est le pourcentage de purgeurs défectueux ?
- Avez-vous mis en place un programme de détartrage des surfaces d'échange thermique du matériel ?

Air comprimé

- Y a-t-il certaines opérations du procédé de fabrication pour lesquelles on pourrait remplacer l'air comprimé par une forme d'énergie plus économique ?
- Identifier l'opération qui nécessite la pression d'air la plus élevée. Est-il possible d'utiliser une autre forme d'énergie pour réduire la pression du système d'air comprimé ? Sinon, le système peut-il fonctionner à un niveau de pression moins élevé ?
- Avez-vous constaté des fuites d'air ?
- Y a-t-il de l'eau dans le système ?
- L'air des compresseurs provient-il de l'endroit le plus frais ?
- Si les compresseurs sont refroidis à l'air, l'air est-il évacué à l'extérieur en été et utilisé en hiver pour le chauffage ?
- La chaleur absorbée par l'eau de refroidissement du compresseur est-elle récupérée ?

- Les compresseurs sont-ils fermés lorsque la production est arrêtée ?
- Disposez-vous d'un système qui permet de régler l'ordre d'utilisation des compresseurs en fonction des besoins en air ?

Eau de refroidissement

- Disposez-vous d'un système de refroidissement pour recycler l'eau ?
- L'eau de refroidissement utilisée au cours du procédé de fabrication est-elle rejetée dans les égouts ?
- Est-il possible de convertir certains systèmes de refroidissement à passage simple en systèmes de refroidissement à passages multiples ?
- Au cours des différentes étapes de la fabrication, le débit de l'eau de refroidissement est-il régulé en fonction des niveaux de refroidissement requis ?
- L'arrivée de l'eau de refroidissement est-elle coupée lors des arrêts de production ?
- Est-il possible de récupérer la chaleur produite par le système de refroidissement ?

Moteurs électriques

- Certains moteurs fonctionnent-ils à moins de 50 % de leur capacité nominale ?
- Des pénalités au niveau de la facturation sont-elles imposées par les services publics en cas de faibles facteurs de puissance ?
- Avez-vous mis en oeuvre un programme de remplacement des petits moteurs par des moteurs éconergétiques ?
- Si un moteur tombe en panne, choisissez-vous de le réenrouler ou de le remplacer ?

Enveloppe des bâtiments

- L'isolation des murs du bâtiment est-elle adéquate ? Y a-t-il des traces de gel ou de condensation sur les parois intérieures des murs donnant sur l'extérieur ?
- L'isolation du toit est-elle adéquate (la neige fond très rapidement sur un toit mal isolé) ?
- Les fenêtres sont-elles à simple vitrage ? Les vitres sont-elles brisées ou fissurées ? Y a-t-il du jeu entre les châssis des fenêtres et les murs du bâtiment ?
- Les fenêtres des bureaux orientés vers l'est, le sud ou l'ouest sont-elles en vitrage réfléchissant ou équipées de stores ?
- Les portes donnant sur l'extérieur sont-elles bien étanches ? Celles qui sont fréquemment utilisées, comme la porte de l'entrée principale, sont-elles conçues pour éviter le plus possible les courants d'air ? Les portes des quais de chargement sont-elles équipées de sas de protection ? Les portes restent-elles parfois ouvertes ?

Systèmes CVC

- Le système CVC est-il arrêté lorsque les bâtiments sont inoccupés ?
- Des thermostats sont-ils utilisés pour réguler la température à l'intérieur du bâtiment et la température est-elle réglée en fonction des tâches qui sont effectuées ? Utilisez-vous des systèmes de remise au point de consigne pour abaisser la température lorsque les locaux sont inoccupés ?
- Les lieux de production d'où émanent des fumées ou de la poussière sont-ils équipés de hottes et de ventilateurs extracteurs ?
- Y a-t-il équilibre entre l'entrée de l'air frais et l'évacuation de l'air vicié ? Le volume d'air provenant de l'extérieur est-il trop important ? Est-il possible d'en réduire le niveau lors des arrêts de production ou lorsque la production est ralentie ?
- Avez-vous des problèmes de stratification de l'air en hiver ?
- La chaleur industrielle ou la chaleur des gaz d'échappement peut-elle être récupérée pour chauffer l'air frais provenant de l'extérieur ?
- Y a-t-il moyen de chauffer les bâtiments de façon plus éconergétique ?

Éclairage

- Les lumières restent-elles allumées lorsque cela n'est pas nécessaire ?
Il serait bon d'effectuer des vérifications en dehors des heures de travail.
- Certaines zones sont-elles trop ou pas assez éclairées ?
- Utilisez-vous des gradateurs pour réduire l'intensité de la lumière de certains locaux en fonction des tâches qui y sont effectuées ?
- Les tubes et les ampoules sont-ils propres ?
- Lorsque vous devez remplacer des ampoules, prenez-vous soin de commander des ampoules éconergétiques ?
- Certains systèmes d'éclairage peuvent-ils être remplacés par des systèmes qui consomment moins d'énergie ?

Notes de suivi

Notes de suivi

Association canadienne de l'industrie du caoutchouc

Acton International Inc.
Air Boss of America Corp.
American Biltrite (Canada) Ltd.
H.A. Aslett & Co. Inc.
Bandag Canada Ltd.
Bayer Inc.
Bekaert Steel Wire Corporation
Biltrite Rubber (1984) Inc.
Bridgestone/Firestone Canada Inc.
Cabot Canada Ltd.
Canadian Rubber Testing & Development Ltd.
Cancarb Limited
Columbian Chemicals Canada Ltd.
Continental General Tire Canada, Inc.
Continental Waste Management Corp.
Cooper Tire & Rubber Company
Custom Cryogenic Grinding Corp.
Dunlop Tires (Canada) Ltd.
Du Pont Canada Inc.
Dura Undercushions Ltd.
Escalator Handrail Company
Exxon Chemical Company
Farrel Corporation
Flexsys Co.
GE Canada Silicones
Gates Canada Inc.
GenCorp Vehicle Sealing Division
Goodyear Canada Inc.
Hamilton Kent
Hankook Tire Canada Corp.
Henkel Canada Ltd.
Imperial Eastman
Industrial Tire Limited
Integrated Tire
I.R.P. Industrial Rubber Ltd.
ITRM Inc.
Kumho Canada, Inc.
L.V. Lomas Limited/Limitée
Mark IV Automotive Canada
Michelin North America (Canada) Inc.
NRI Industries Inc.
Nokian Tyres (North America) Ltd.
Pirelli Tire Inc.
R.M. Ferguson & Company Inc.
Recovery Technologies Inc.
St. Lawrence Chemical Inc.
Scandura Canada
Standard Products (Canada) Limited
Sumitomo Rubber Industries Ltd.
Techno Rubber Inc.
Thona Inc.
Toyo Tire Canada Inc.
Trent Rubber Corp.
Uniroyal Chemical Ltd.
United Tire & Rubber Co. Limited
Van Waters & Rogers Ltd.
R.T. Vanderbilt Company Inc.
Waterville TG Inc.
Yokohama Tires (Canada) Inc.
Zochem Ltd.