

Τα ελαστομερή είναι υλικά μεγάλης σπουδαιότητας για τους σύγχρονους βιομηχανικούς τομείς, με προϊόντα που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Παρόλα αυτά όμως τα ελαστομερή είναι ίσως τα υλικά εκείνα που χρησιμοποιούν ευρέως οι μηχανικοί στην πρακτική τους αλλά ταυτόχρονα κατανοούν ελάχιστα την φυσική και τη χημεία τους.

Η πιο αξιοσημείωτη εφαρμογή του ελαστικού συναντάται στις σύγχρονες μεταφορές και βασίζεται εξ ολοκλήρου στα ελαστικά επίσωτρα των τροχών που χρησιμοποιούνται για την για την πρόωση των διαφόρων ειδών οχημάτων. Το ελαστικό είναι το ιδανικό υλικό για αυτή την εφαρμογή όχι μόνο λόγω της ευελιξίας του να επιτυγχάνει ταυτόχρονα πολλαπλές κρίσιμες λειτουργίες, αλλά κυρίως λόγω της ικανότητάς του να προσφέρει υψηλό συντελεστή τριβής με την επιφάνεια του οδοστρώματος, ιδιότητα απαραίτητη για την έλξη και πρόωση του οχήματος, την λειτουργία του συστήματος διεύθυνσης και το φρενάρισμα.

Ο μηχανολογικός ορισμός ενός ελαστικού υλικού είναι "οποιοδήποτε υλικό που μπορεί να εκτείνεται τουλάχιστον στο 100% του αρχικού του μήκους και να επιστρέφει στο αρχικό του σχήμα χωρίς μόνιμη παραμόρφωση". Αν και ο όρος "λάστιχο" προέρχεται από το αληθινό

ΤΑ ΕΛΑΣΤΟΜΕΡΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟ

φυσικό καουτσούκ που προέρχεται από τα δέντρα *Hevea Brasiliensis*, σήμερα ο όρος χρησιμοποιείται για να αναφερθεί σε ένα πλήθος διαφορετικών ελαστομερών συνθέσεων, οι περισσότερες από τις οποίες αναφέρονται σε συνθετικά υλικά, παράγωγα του πετρελαίου και όλα αυτά παρουσιάζουν την χαρακτηριστική ευκαμψία του φυσικού καουτσούκ.

Αν και οι μηχανικοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν πολλές άλλες επιλογές για να επιτύχουν οποιονδήποτε από τους σκοπούς τους, τα ελαστομερή συχνά επιτυγχάνουν αυτούς με μεγαλύτερη κομψότητα και χαμηλότερο συνολικό κόστος και σίγουρα με τον υψηλότερο βαθμό ευελιξίας.

Επιπλέον, τα ελαστομερή μπορούν να χυτευθούν σε εξαιρετικά περίπλοκες διαμορφώσεις και μπορούν να συνδεθούν με σχεδόν οποιοδήποτε υλικό υποστρώματος για να σχηματίσουν ένα σύνθετο απάρτιο, ενισχύοντας σε μεγάλο βαθμό την ικανότητα του μηχανικού στην προσπάθειά του να προσαρμόσει την λειτουργικότητα του εξαρτήματος που σχεδιάζει.

Ένας λόγος που οι περισσότεροι μηχανικοί γνωρίζουν τόσο λίγα για το ελαστικό έχει να κάνει με την πολυπλοκότητά του. Το καουτσούκ είναι ίσως το πιο πολύπλοκο υλικό, από την άποψη φυσικοχημικών ιδιοτήτων, με το οποίο μπορεί να έρθει σε επαφή κάποιος μηχανικός, αλλά αυτή η πολυπλοκότητα του αναδεικνύει και την ευελιξία του.

Το πρώτο επίπεδο πολυπλοκότητας έχει να κάνει με τη μοριακή φύση του ίδιου του ελαστικού: τα ελαστομερή διαθέτουν τα υψηλότερα μοριακά βάρη και τα μεγαλύτερα μήκη αλυσίδας μορίων όλων των υλικών. Αυτό το τεράστιο μέγεθος και μήκος μοριακών αλυσίδων επιτρέπει στα μόρια του ελαστικού να κάμπτονται και να ρέουν με ιδιαίτερη ελευθερία και είναι αυτή η μοριακή κίνηση που τελικά μεταφράζεται σε μακροσκοπικές παραμορφώσεις που είναι 10 φορές μεγαλύτερες από οποιαδήποτε άλλα υλικά.

Ένα άλλο επίπεδο πολυπλοκότητας προκύπτει από τα ίδια τα ελαστικά μίγματα, τα οποία είναι συνθέσεις διαφορετικών συστατικών. Για παράδειγμα, τα μέταλλα είναι συνήθως κράματα ίσως από 2 έως 4 στοιχεία. τα πλαστικά είναι συνήθως μείγματα 3 ή 4 υλικών. Συγκριτικά, μία τυπική σύνθεση ελαστικού καουτσούκ μπορεί να αποτελείται από 10-20

ΤΑ ΕΛΑΣΤΟΜΕΡΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟ

διαφορετικά συστατικά, καθένα από τα οποία πρέπει να επιλεχθεί προσεκτικά και να κατανεμηθεί ομοιόμορφα μέσα στην μάζα του πρωτογενούς υλικού, ώστε να έχει την μέγιστη επίδραση στις τελικές ιδιότητες.

Μια άλλη πολυπλοκότητα του ελαστικού αφορά τον θερμοσκληρυνόμενο χαρακτήρα του. Για να κατασκευάσετε ένα ελαστικό εξάρτημα, θα πρέπει να θερμάνετε το ελαστικό μίγμα για τόσο χρόνο ώστε να προκαλέσετε μια μη αναστρέψιμη χημική αντίδραση που περιλαμβάνει πολλά από τα συστατικά που αναφέραμε παραπάνω. Η χημική αυτή αντίδραση μετατρέπει τις ιξωδοελαστικές ιδιότητες του ελαστικού μίγματος ώστε αυτό να καταστεί μόνιμα εύκαμπτο και “ελαστικό”. Η χημική αυτή αντίδραση ονομάζεται βουλκανισμός. Στην περίπτωση των μετάλλων και των πλαστικών, παρατηρούνται μόνο αλλαγές φάσης, όπως το σημείο τήξης αυτών, πράγμα που οδηγεί σε εύλογα προβλέψιμη συμπεριφορά. Επειδή τα ελαστικά μίγματα αποτελούνται από τόσα διαφορετικά συστατικά και εμπλέκουν πολλές χημικές αντιδράσεις μεταξύ πολλών από αυτά, υπάρχει ένα επίπεδο πολυπλοκότητας και απρόβλεπτου που δημιουργεί

προκλήσεις σε μία συστηματική ανάλυση. Απλά, υπάρχουν πάρα πολλές μεταβλητές στο παιχνίδι!

Κατά την επιλογή ενός ελαστικού μίγματος για μια συγκεκριμένη εφαρμογή, είναι σημαντικό να έχετε υπόψη σας το φάσμα των διαθέσιμων επιλογών. Όπως και τα πλαστικά, τα ελαστομερή διαθέτουν μια μεγάλη ποικιλία οικογενειών που έχουν τα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες τους. Για παράδειγμα, κάποια μέλη της οικογένειας των ελαστομερών μπορεί να υπερέχουν στην αντίσταση τους σε επιθετικούς χημικούς παράγοντες, αλλά ενδέχεται να εμφανίζουν μειωμένη ελαστικότητα στις χαμηλές θερμοκρασίες. Άλλα ελαστομερή μπορεί να προσφέρουν εξαιρετική θερμική συμπεριφορά από τις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες έως τις πολύ υψηλές θερμοκρασίες, αλλά να έχουν περιορισμένες μηχανικές αντοχές. Συχνά ο μηχανικός έρχεται αντιμέτωπος με κάποιους συμβιβασμούς.

Αυτή η ποικιλία πρώτων υλών από την πλευρά των ελαστομερών προσφέρει στον μηχανικό ένα ευρύ φάσμα δυνατοτήτων. Η πρόκληση υπάρχει στην κατανόηση της συνάφειας μεταξύ όλων των διαθέσιμων δυνατοτήτων και των απαιτήσεων της συγκεκριμένης εφαρμογής. Για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης ενός ελαστικού εξαρτήματος απαιτείται

ΤΑ ΕΛΑΣΤΟΜΕΡΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟ

προσεκτική επιλογή μεταξύ όλων των εναλλακτικών λύσεων. Ο μεγάλος αριθμός μεταβλητών που πρέπει να ληφθούν υπόψη καθιστά το σχεδιασμό ενός ελαστικού μίγματος μια πολύ σύνθετη άσκηση με πολύ χαμηλότερο βαθμό αναλυτικής προβλεψιμότητας από ό, τι στην περίπτωση των μετάλλων και των πλαστικών. Τελικά, ο σχεδιασμός ενός βέλτιστου ελαστικού μίγματος οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην πρακτική "τέχνη" ενός έμπειρου επαγγελματία.

Προκειμένου να βελτιστοποιηθεί μια εφαρμογή, το πιο κρίσιμο σημείο είναι να καθοριστούν οι στόχοι της εφαρμογής και το λειτουργικό περιβάλλον όσο το δυνατόν σαφέστερα. Ο μηχανικός θα πρέπει να ξεκινήσει καθορίζοντας τους κύριους και δευτερεύοντες μηχανολογικούς στόχους που αφορούν στο ελαστικό εξάρτημα. Πρόκειται αυτό να στεγανοποιήσει ή να μεταφέρει ρευστά; Θα χρειαστεί να αποθηκεύσει και να απελευθερώσει ενέργεια; Θα μεταδώσει απλά ενέργεια; Είναι η απορρόφηση ενέργειας στόχος; Το εξάρτημα θα κληθεί να παίξει το ρόλο δομικής υποστήριξης σε μια συναρμολόγηση;

Οι περισσότερες εφαρμογές απαιτούν πολλαπλές μηχανικές δράσεις και ένα από τα μεγάλα πλεονεκτήματα του ελαστικού είναι η ικανότητά του να ανταποκρίνεται σε πολλαπλά μηχανικά φορτία σαν ένα ενιαίο συμπαγές σύνολο. Το πλεονέκτημα αυτό συχνά καθιστά το ελαστικό την καλύτερη επιλογή για τον μηχανικό.

Προκειμένου να διασφαλιστεί η σωστή απόδοση και η μεγάλη διάρκεια ζωής ενός ελαστικού εξαρτήματος, είναι σημαντικό να κατανοήσετε το περιβάλλον στο οποίο θα λειτουργεί το εξάρτημα. Οι διαθέσιμες επιλογές ελαστικών μιγμάτων μπορεί να περιοριστούν σημαντικά ανάλογα με τον συνδυασμό των συνθηκών. Αυτά που θα πρέπει να λάβετε υπόψη είναι: η περιοχή θερμοκρασίας στην εφαρμογή, οποιεσδήποτε εκθέσεις σε χημικούς παράγοντες (έλαια, καύσιμα, ψυκτικά μέσα, όζον, διαλύτες κτλ.), κάθε είδους ακτινοβολία (ακτινοβολούμενη θερμότητα, ηλιακό φως, υπεριώδης κτλ.) και τα προβλεπόμενα μηχανικά φορτία (είτε σαν δυνάμεις είτε σαν παραμορφώσεις). Όσο ακριβέστερα μπορεί να χαρακτηριστεί και να ποσοτικοποιηθεί το περιβάλλον λειτουργίας του ελαστικού εξαρτήματος, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η πιθανότητα επιτυχίας στην επίτευξη των στόχων του αρχικού σχεδιασμού.

ΤΑ ΕΛΑΣΤΟΜΕΡΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟ

Ένα ιδιαίτερα προκλητικό υποσύνολο απαιτήσεων σε κάποιες εφαρμογές περιλαμβάνει τη δυναμική καταπόνηση του ελαστομερούς. Ο δυναμικός κύκλος απαιτεί το ελαστικό να κάμπτεται επανειλημμένα μέσα από μια σειρά από παραμορφώσεις, για τις οποίες το ελαστικό είναι συνήθως κατάλληλο, αλλά η επαναλαμβανόμενη κυκλική κάμψη μπορεί να του δημιουργήσει ρωγμές κόπωσης που μπορεί τελικά να προκαλέσουν την αστοχία του εξαρτήματος. Για τέτοιου είδους εφαρμογές, είναι σημαντικό να οριστούν οι δυναμικές απαιτήσεις για το εξάρτημα: το αναμενόμενο φάσμα συχνοτήτων, το αναμενόμενο μεταδιδόμενο εύρος φορτίου ή παραμόρφωσης.

Ο σχεδιασμός ελαστικών εξαρτημάτων για εφαρμογές σε δυναμικές καταπονήσεις ωθεί την “τέχνη” των ελαστομερών στα μέγιστα όρια και απαιτεί τη μεγαλύτερη προσοχή στο χαρακτηρισμό της εφαρμογής και στην ανάπτυξη της βέλτιστης ελαστικής συνθέσεως για την αντιμετώπιση της πρόκλησης.

Κατά την εξέλιξη ενός ελαστικού μίγματος, δεν είναι ασυνήθιστο να δημιουργηθούν και να δοκιμασθούν διαφορετικές επιλογές προτού κάποιος καταλήξει σε μια βέλτιστη λύση. Οι θερμικές καταπονήσεις, οι μετρήσεις διόγκωσης σε υγρά, οι δοκιμές επιμήκυνσης, η αντοχή σε εφελκυσμό, η δοκιμή αντοχής σε διάσχιση, οι δοκιμές αντοχής στην τριβή, η ελαστικότητα κρούσης, η γήρανση του όζοντος και άλλες, είναι δοκιμές που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε εργαστήριο και να δώσουν κάποια ένδειξη για την απόδοση του τελικού προϊόντος. Ωστόσο, μόνο οι δοκιμές που προσομοιώνουν τις λειτουργικές και περιβαλλοντικές συνθήκες μπορούν να καθορίσουν την τελική αποδοχή της ελαστικής σύνθεσης.

Ο καθορισμός ενός ελαστικού υλικού για μια συγκεκριμένη εφαρμογή μπορεί να είναι πολύ πιο δύσκολος από τον καθορισμό των μετάλλων ή των πλαστικών. Σε σύγκριση με τα περισσότερα μέταλλα και πλαστικά, τα ελαστικά μίγματα είναι πραγματικά "μη τυποποιημένα". Για παράδειγμα σε αντίθεση με το χάλυβα 1018 ή το Nylon 66, που είναι παγκοσμίως διαθέσιμα και τεκμηριωμένα προϊόντα, μια σύνθεση ελαστικού αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του συγκεκριμένου κατασκευαστή που το ανέπτυξε και ως εκ τούτου δεν είναι ευρέως διαθέσιμο. Καθώς οι εφαρμογές ελαστικών εξαρτημάτων

ΤΑ ΕΛΑΣΤΟΜΕΡΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟ

εξαρτημάτων γίνονται ολοένα και πιο προκλητικές, οι ικανότητες και η εμπειρία του χημικού πολυμερών αποκτούν ιδιαίτερη σημασία.

Λαμβάνοντας υπόψη το τεράστιο φάσμα των διαθέσιμων επιλογών και την πολυπλοκότητα των ελαστομερών, η καλύτερη προσέγγιση για το σχεδιασμό ενός ελαστικού εξαρτήματος είναι η εμπλοκή ενός έμπειρου μηχανικού ελαστομερών όσο το δυνατόν νωρίτερα στη διαδικασία. Αυτός θα έχει τη δυνατότητα να σας κατευθύνει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο στον ποικίλο και περίπλοκο κόσμο του ελαστικού. Εν τέλει, κατ' αυτόν τον τρόπο αυτό πιθανότατα θα εξοικονομήσετε χρόνο και χρήμα, δημιουργώντας ταυτόχρονα ένα ανώτερο προϊόν.