

Zhang Nan Student at Sukhoi State Technical University

الحكومية التقنية

the normal pressure (N).

ASSESSMENT OF CURRENT MODELS FOR CHARACTERIZING THE WEAR PROCESS

تقييم النماذج الحاليت لتوصيف عمليت التآكل

Abstract: This describing models and mathematical empirical formulas, and discusses thecurrent applications wear prediction in enhancing the overall reliability of mechanical systems, aiming to gain a deeper understanding of the advancements in this field through the findings and methods.

Keywords: Wear prediction; Mathematical model of wear prediction

الخلاصة : تركـز هـذه الورقـة علـي تقـديم العديـد مـن النمـاذج الرياضـية والصـيغ التجريبيـة التـي تصـف التآكـل الشـائع، وتنـاقش التطبيقـات الحاليـة للتنبـؤ بالتآكل في تعزيز الموثوقية الشاملة للأنظمة الميكانيكية، بهدف اكتساب فهم أعمق للتقدم في هذا المجال من خلال استكشاف النتائج والأساليب

الكلمات المفتاحية: تحمل الأمثل التشحيم. تقليل التآكل؛ التشحيم الهيدروديناميكي نمذجة الاحتكاك الدينامي



Vladimir Viktorovich Komrakov PhD, Associate Professor, Department of Information Technology, GSTU

د. فلاديمير فيكتوروفيتش كومراكوف أستاذ مشارك في قسم تقنية المعلومات بجامعة سخوي الحكومية التقنية

التنبؤ بالتآكل [1-3].

صيغة التنبؤ بالتآكل هي (2).

Introduction

Accurate wear prediction is crucial for enhancing the reliability and longevity of mechanical systems, as it optimizes maintenance cycles and reduces production costs. This paper explores several common mathematical models and empirical formulas used for wear prediction, highlighting their applications in improving mechanical system reliability. By examining key findings and methodologies, the study aims to provide insights into advancements in wear prediction techniques [1-3].

Results and discussion

Mathematical models are typically based on physical principles and describe various influencing factors in the wear process; whereas empirical formulas summarize empirical relationships based on experimental data for quick estimation of wear amounts. Currently, the application of mathematical models based on wear prediction plays a crucial role in enhancing the reliability of mechanical components. Common wear prediction mathematical models and empirical formulas include wear models based on Archard's law, wear formulas based on the Coulomb friction model, and empirical formulas targeting different wear mechanisms, among others.

The Archard wear model is one of the most widely used classical models for wear prediction. This model assumes that wear is formed by small cutting, peeling, and other actions at surface contact points, and that the amount of wear is proportional to the contact area, normal pressure, and material hardness. Its basic expression is (1).

Where: V is the wear volume (mm³); k is the wear coefficient (dimensionless), usually determined experimentally; W is the normal pressure (N); S is the relative sliding distance (m); H is the material hardness (MPa).

The Coulomb friction model is primarily used to describe the relationship between the friction force and the contact surface of objects, particularly during sliding friction processes. This model assumes that the friction force is proportional to the normal pressure and is independent of the relative sliding velocity of the objects. Based on the Coulomb friction model, the wear prediction formula is (2)

When the friction force is known, the relationship between wear rate and friction

$F_f = \mu \cdot W$

coefficient can be further obtained. For example, under conditions of a higher friction coefficient, the friction force is larger, resulting in greater wear. By combining the Coulomb $V = k_1 \cdot F_f \cdot S \cdot \mu$

Where F_f is the friction force (N); μ is the friction coefficient (dimensionless); W is هي قدوة الاحتكاك (نيسوتن)؛ μ هي معامل الاحتكاك (بدون أبعاد)؛ W هي العامل الاحتكال العامل الاحتكال العامل الاحتكال العامل الاحتكال العامل الاحتكال العامل ال الضغط العمودي (نيوتن). عند معرفة قوة الاحتكاك، يمكن التوصل إلى العلاقة بين معدل التآكيل ومعاميل الاحتكياك. على سبيل المثيال، في ظروف معاميل احتكياك أعلى، تكون قوة الاحتكاك أكبر، مما يودي إلى تأكل أكبر. بدمج نموذج احتكاك كولومب مع آلية التأكل، تكون صيغة التآكل الناتجة كما يلي (3).

حيث k_1 هـو ثابت التآكل، المُحدد تجريبيًا؛ F_f هـى قـوة الاحتكاك؛ S هـى مسافة

الانسزلاق النسبية؛ μ هسو معامسل الاحتكساك. تشسير هده الصسيغة إلسى أن زيسادة قسوة الاحتكساك

ومعامل الاحتكاك تودي مباشرة إلى زيادة معدل التآكل. بخلاف نموذج آرشارد، يركز

نموذج احتكاك كولومب بشكل أكبر على العلاقة بين قوة الاحتكاك والتآكل، مما يجعله

مناسبًا لشرح آليات مثل تأكل المواد الكاشطة وتآكل المواد اللاصقة. يحدث التآكل الكاشط

عادةً عند ملامسة الجسيمات الصابة أو الجسيمات لسطح المادة. يرتبط مقدار التآكل عادةً

بالصلابة وحجم جسيمات المواد الكاشطة وزمن ملامستها للسطح. ترد صيغة تجريبية في

يُعدّ التنبؤ المدقيق بالتآكل أمرًا بالغ الأهمية لتعزيز موثوقية الأنظمة الميكانيكية وإطالة

لَطةَ الضوء على تطبيقاتها في تحسين موثوقية الأنظمة الميكانيكية. من خلال در اسة

عمر ها، إذ يُحسّن دورات الصيانة ويُخفّض تكاليف الإنتاج. تستكشف هذه الورقة البحثية

العديد من النماذج الرياضية والصيغ التجريبية الشائعة المستخدمة في التنبؤ بالتأكل،

النتائج والمنهجيات الرئيسية، تهدف الدراسة إلى تقديم رؤى حول التطورات في تقنيات

النتائج والمناقشة

عمليــة التآكــل؛ بينمــا تلخــص الصــيغ التجريبيــة العلاقــات التجريبيــة بنــاءً علــي البيانــات

التجريبية لتقدير سريع لكميات التآكل. حاليًا، يلعب تطبيق النماذج الرياضية القائمة على

التنبو بالتآكل دورًا حاسمًا في تعزير موثوقية المكونات الميكانيكية. تتضمن النماذج

الرياضية الشائعة للتنبؤ بالتآكل والصيغ التجريبية نماذج تآكل تستند إلى قانون أرشارد،

وصيغ تأكل تستند إلى نموذج احتكاك كولومب، وصيغ تجريبية تستهدف آليات تأكل

مختلفة، من بين أمور أخرى. يُعد نموذج آرشارد للتآكل أحد أكثر النماذج الكلاسيكية

استخدامًا للتنبؤ بالتآكل. يفترض هذا النموذج أن التآكل يتشكل من خلال القطع الصغير

والتقشير وإجراءات أخرى عند نقاط التلامس السطحية، وأن مقدار التآكل يتناسب مع

حيث: V هـو حجـم التآكـل (مـم³)؛ k هـو معامـل التآكـل (بـدون أبعـاد)، والـذي يُحـدد عـادةً

تجريبيًا؛ W هـو الضغط العمودي (N)؛ S هـي مسافة الانرزلاق النسبية (م)؛ H هـي

صلابة المادة (ميجا باسكال). يُستخدم نموذج احتكاك كولومب بشكل أساسي لوصف

العلاقة بين قوة الاحتكاك وسطح تلامس الأجسام، وخاصةً أثناء عمليات الاحتكاك

الانز لاقي. يفترض هذا النموذج أن قوة الاحتكاك تتناسب طرديًا مع الضغط العمودي ولا

تعتمد على سرعة الانر لاق النسبية للأجسام. بناءً على نموذج احتكاك كولومب، تكون

مساحة التلامس والضغط العمودي وصلابة المادة. تعبيره الأساسي هو (1).

تعتمد النماذج الرياضية عادةً على مبادئ فيزيائية وتصف عوامل مؤثرة مختلفة في

Where k_1 is the wear constant, determined experimentally; F_f is the friction force; S is the relative sliding distance; μ is the friction coefficient. This formula indicates that an increase in friction force and friction coefficient will directly lead to an increase in wear rate. Unlike the Archard model, the Coulomb friction model focuses more on the relationship between friction force and wear, making it suitable for explaining mechanisms such as abrasive wear and adhesive wear.

friction model with the wear mechanism, the resulting wear formula is as follows (3)

Abrasive wear typically occurs when hard particles or particulate matter come into contact with the material surface. The amount of wear is usually related to hardness, abrasive particle size, and the contact time with the surface. An empirical formula is given in equation (4).

$V = k_2 \cdot P \cdot D \cdot L$

Where V is the wear volume (mm³); P is the normal pressure (N); D is the diameter of the abrasive particles (mm); L is the sliding distance (m); k2 is the wear constant, which depends on material properties and abrasive type. This formula is applicable to the abrasive wear mechanism, indicating the relationship between wear amount and normal pressure, العلاقة ومسافة ومسافة ومسافة العلاقة والضغط العادي، وحجم جسيمات المادة الكاشطة، ومسافة abrasive particle size, and sliding distance.

حيث V هـو حجم التآكل (مـم 5)؛ P هـو الضغط العادي (N))؛ D هـو قطر جسيمات المسادة الكاشسطة (مسم)؛ L هسي مسسافة الانسز لاق (م)؛ k2 هسو ثابست التآكسل، والسذي يعتمسد علسي ائص المادة ونوعها. تنطبق هذه الصيغة على آلية تأكل المادة الكاشطة، حيث توضح

Conclusion

Mathematical models and empirical formulas for wear prediction provide important tools for tribological research and engineering practice. Although existing wear models can predict wear conditions under certain common operating conditions relatively well, in complex operating conditions, it is still necessary to combine experimental data and numerical simulation methods to improve the accuracy of predictions.

ـوفر النمــاذج الرياضــية والصــيغ التجريبيــة للتنبــؤ بالتآكــل أدواتٍ مهمــةً لبحــوث الاحتكاك والممارســـة الهندســية. علـــي الـــرغم مــن قـــدرة نمــاذج التأكــل الحاليــة علـــي التنبــؤ بظروف التآكل في ظل ظروف تشغيل شائعة معينة بشكل جيد نسبيًا، إلا أنه في ظروف التشخيل المعقدة، لا يرزال من الضروري الجمع بين البيانات التجريبية وطرق المحاكمة العددية لتحسين دقة التنبؤات.

المراجع والمصادر Literature

- Cortellessa V, Singh H, Cukic B. Early reliability assessment of UML based software models[C]//Proceedings of the 3rd international workshop on Software and performance. 2002: 302-309.
- Ciancone A, Drago M L, Filieri A, et al. The KlaperSuite framework for model-driven reliability analysis of component-based systems [J]. Software & Systems Modeling, 2014, 13: 1269-1290.
- Wang J, Li Y, Zhao R, et al. Physics guided neural network for machining tool wear prediction[J]. Journal of Manufacturing Systems, 2020, 57: 298-310.

المعادلة (4).