

Prüfungsfragen Kontaktmechanik und Reibungsphysik WS 2019/20

1. Elementare Behandlung des Kontaktproblems: Elastische Energie eines homogenen Blocks, elastische Energiedichte $E = \frac{1}{2} E \varepsilon^2 = \frac{\sigma^2}{2E}$. Erläutern Sie die Abschätzungsmethoden für die elastische Energie anhand des Kontaktes eines starren zylindrischen Indenters mit einem elastischen Halbraum. Durch welche Parameter wird die Steifigkeit des Kontaktes bestimmt? Qualitative Abschätzung für das Hertzsche Kontaktproblem.
2. Adhäsion: Erläutern Sie den Begriff Oberflächenenergie fester Körper. Welche Größenordnung hat die Oberflächenenergie für: (a) Metalle, (b) Polymere. Erläutern Sie die Idee zur qualitativen Behandlung eines adhäsiven Kontaktproblems. Illustrieren Sie diese mit einem Beispiel Ihrer Wahl (z.B. Klebeband). Erläutern Sie die Abschätzung für die kritische Rauigkeit, bei der zwei Körper vollständig „kleben“ ($h^2 < \frac{4\gamma l}{G}$).
3. Kapillare Effekte in Kontakten: Erläutern Sie den Begriff Oberflächenspannung. Was ist der Kontaktwinkel? Wie hängt der Kontaktwinkel mit den Oberflächenspannungen zusammen? Was bedeutet Hysterese des Kontaktwinkels? Erläutern Sie Begriffe „benetzbar“ und „nicht benetzbar“. Was bedeutet „hydrophil“ und „hydrophob“?
4. Leiten Sie die Gleichung für den Druck unter einer sphärisch gekrümmten Oberfläche einer Flüssigkeit her. Wie berechnet man den Druck unter einer beliebig gekrümmten Oberfläche mit zwei verschiedenen Hauptradien (ohne Herleitung)? Leiten Sie den Ausdruck für die Kapillarkraft zwischen einer starren Ebene und einer Kugel her (für den Fall vollständiger Benetzung).
5. Hertzsches Kontaktproblem: Druckverteilung im Hertzschen Kontakt (ohne Herleitung). Wie ist der Zusammenhang zwischen Kontaktradius und Eindringtiefe bzw. Kraft und Eindringtiefe? Wie verwendet man diese Gleichungen für den Kontakt zwischen: (a) zwei elastischen Körpern, (b) zwei Kugeln mit unterschiedlichen Radien, (c) einem Ellipsoid und einer Ebene, (d) zwei gekreuzten Zylindern. Als Beispiel erläutern Sie den Rad-Schiene-Kontakt.
6. Adhäsives Kontaktproblem: Qualitative Beschreibung der relevanten Phänomene. Adhäsionskraft in der JKR-Theorie ($F_A = \frac{3\pi}{2} \gamma_{12} R$).
7. Kontakt zwischen rauen Oberflächen nach der Theorie von Greenwood & Williamson: Qualitative Skizze des Herangehens bei der Berechnung und Diskussion der Ergebnisse $\langle \Delta A \rangle \approx Rl$, $\langle \sigma \rangle \approx 0,3E^* \sqrt{l/R}$ oder $\langle \sigma \rangle = \kappa^{-1} E^* \nabla z$. Welchen Sinn hat der „Platizitätsindex“ $\Psi = \frac{E^* \nabla z}{\sigma_0} > 2$?
8. Tangentiales Kontaktproblem: Qualitative Beschreibung der relevanten Phänomene, Spannungsverteilung im Tangentialkontakt, Slip am Rand des Kontaktgebietes, Steifigkeit des Kontaktes (qualitative Behandlung).

9. Rollkontakt: Stick- und Slip-Gebiete, Größe des Haftgebietes: im Linienkontakt

$$\frac{c}{a} = \left(1 - \frac{F_x}{\mu F_N}\right)^{1/2} \text{ und im Punktkontakt } \frac{c}{a} = \left(1 - \frac{F_x}{\mu F_N}\right)^{1/3}. \text{ Qualitative Diskussion des Schlupfes.}$$

10. Gesetze von Amontons und Coulomb für die Haft- und Gleitreibung. Erläutern Sie den Begriff „Reibungswinkel“.

11. Theorie von Tabor und Bowden.

12. Prandtl-Tomlinson Modell. Qualitative Besprechung des „Phasendiagramms“. Erläutern Sie den Begriff „Elastische Instabilität“.

13. Reiberregte Schwingungen: Untersuchung der Stabilität bei einer Bewegung eines Klotzes mit einer geschwindigkeitsabhängigen Reibungskraft. Was versteht man unter optimaler (oder kritischer) Dämpfung. Wo wird sie eingesetzt?

14. Hydrodynamische Schmierung: Erläutern Sie qualitativ (und wenn Sie möchten auch quantitativ) die Herangehensweise bei der Berechnung hydrodynamischer Schmierung. Von welchen Parametern hängt der Reibungskoeffizient in einem hydrodynamisch geschmierten Lager ab? Was bedeutet „Mischreibung“? Was ist die „Stribeck-Kurve“?

15. Viskose Adhäsion: Herangehensweise und qualitative Diskussion.

16. Wie beschreibt man die Rheologie von Schmiermittel im nicht-linearen Bereich? Wie hängt die Viskosität des Schmiermittels von der Temperatur ab? Was ist der „Druckindex“?

17. Erläutern Sie die Grundbegriffe der Rheologie von Elastomeren: Was ist der zeitlich abhängige Schubmodul? Was ist der Komplexe Schubmodul? Was sind „Speichermodul“ und „Verlustmodul“? Wodurch wird die Energiedissipation in Elastomeren bestimmt?

18. Erläutern Sie rheologische Modelle von Gummi (Maxwell-Element, Standard-Modell, Prony-Reihe).

19. Was sind „Masterkurven“?

20. Erläutern Sie qualitativ die Herangehensweise bei der Berechnung des Reibungskoeffizienten zwischen einem Elastomer und einer festen rauen Fläche.

$$\text{Diskutieren Sie die Gleichung } \mu = \xi \nabla_z \frac{G''(v/r)}{|G'(v/r)|}.$$

21. Leiten Sie die Verschleißgleichung für den abrasiven Verschleiß her. Diskutieren Sie qualitativ den adhäsiven Verschleiß. Was sind Bedingungen für verschleißarme Reibung?