



Kontaktmechanik und Reibungsphysik WiSe 2017/18 – UE 02

Thema: Qualitative Behandlung von Kontaktproblemen mit Adhäsion

Aufgabe 1: Abziehungskraft eines Klebebandes

Um die Qualität von Verklebungen zu prüfen, kommt unter anderem der 90°-Schältest zur Ermittlung der Schälfestigkeit zur Anwendung (siehe Abb. 1 (links)). Es ist intuitiv klar, dass die Abziehungskraft vom Belastungswinkel abhängt.

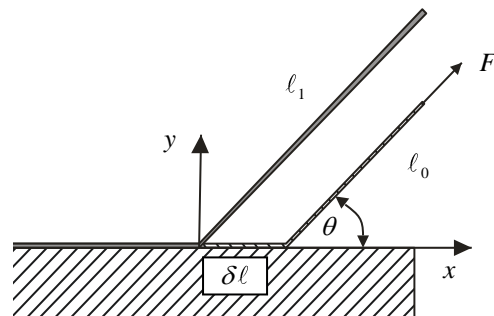


Abb. 1: Einrichtung zur Messung der Abziehungskraft von Klebebändern (links); Mechanisches Modell zur Berechnung der Abziehungskraft in Abhängigkeit vom Belastungswinkel θ (rechts)

Berechnen Sie die Abziehungskraft F als Funktion des Belastungswinkels θ mit Hilfe des Prinzips der virtuellen Arbeit. Nutzen Sie dazu die Prinzipskizze aus Abb. 1 (rechts). Das Klebeband soll als dehnstarr und biegeschlaff angesehen werden. Die relative Oberflächenenergie der beiden Körper sei $\Delta\gamma$ und die Breite des Klebebandes b .

Aufgabe 2: Einfluss der Rauigkeit auf Adhäsion

Gegeben sei ein glatter elastischer Körper in Kontakt mit einer starren, rauen Oberfläche, welche durch eine charakteristische Länge l und charakteristische Höhe $h \ll l$ gekennzeichnet ist.

- a) Schätzen Sie die kritische Rauigkeit h_c qualitativ ab, bei welchem die "Täler" vollständig ausgefüllt werden, d.h. die Adhäsionsenergie größer ist als die elastische Energie.

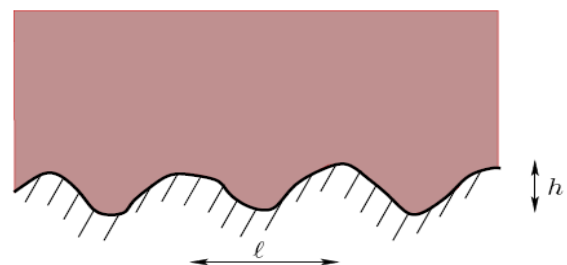


Abb. 2 Glatter elastischer Körper im direkten Kontakt mit einer starren rauen Oberfläche

- b) Reiner Gummi hat einen vergleichsweise geringen Elastizitätsmodul von $E \approx 1 \text{ MPa}$; die Oberflächenenergie bei starren Kontaktpartnern zu Gummi beträgt etwa $\gamma \approx 0,02 \text{ J/m}^2$. Wie groß darf die charakteristische Rauigkeit bei $l \approx 1 \text{ }\mu\text{m}$ höchstens sein, wenn der Gummi gerade noch vollständig an der starren Oberfläche kleben soll?

Lösung Aufgabe 1

Die Aufgabe kann leicht mithilfe des Prinzips der virtuellen Arbeit gelöst werden:

$$\delta W = F \delta s - \Delta \gamma b \delta L. \quad (1)$$

Geometrisch ist leicht zu sehen, dass

$$\delta s = \delta L(1 - \cos \theta) \quad (2)$$

ist. Im Gleichgewicht gilt

$$\delta W = \delta L [F(1 - \cos \theta) - \Delta \gamma b] = 0 \quad (3)$$

und damit

$$F = \frac{\Delta \gamma b}{1 - \cos \theta}. \quad (4)$$

Lösung Aufgabe 2

Das wesentlich deformierte Gebiet, wenn die Oberflächen vollständig aneinander haften, reicht ungefähr l in das elastische Medium hinein. Die Deformation in diesem Gebiet kann dann als

$$\varepsilon \approx \frac{h}{l} \quad (5)$$

abgeschätzt werden. Die in der Deformation gespeicherte elastische Energie pro Breitereinheit ist also

$$u_{el} \approx \frac{E}{2} \varepsilon^2 l^2 = \frac{E}{2} h^2 \quad (6)$$

und die Oberflächenenergie pro Breitereinheit

$$u_{adh} \approx \Delta \gamma l. \quad (7)$$

Damit die beiden Flächen spontan aneinander „kleben“ muss daher

$$h^2 < \frac{2\Delta \gamma l}{E} \quad (8)$$

sein. Mit den angegebenen Zahlenwerten ergibt sich

$$h_c = 0,2 \mu\text{m}. \quad (9)$$

Das beschreibt eine sehr raue Oberfläche und verletzt unter Umständen die Bedingung für kleine Deformationen $h \ll l$. Die Oberflächen werden also relativ leicht aneinander haften.