

Trapezplatte unter Beuldruck

Table of contents

1 Ausgangsdaten.....	2
1.1 Berechnungsgang.....	2
1.2 Bewertung und Anpassung des Ergebnisses:.....	4

1. Ausgangsdaten

Eine Trapezplatte aus der Aluminiumlegierung AlCuMg ist mit der längeren Parallelseite unverschiebbar und gestützt, aber frei drehbar befestigt, die kürzere Parallelseite und die Schenkel sind frei. Die kurze Parallelseite wird über ihre Länge in Richtung der Plattenebene durch Aufprall eines mit 3.2 g beschleunigten Metallträgers von 17.8 kg Masse kurzzeitig gleichmäßig belastet.

Werkstoffkennwerte:

1. Elastizitätsmodul: 72000 Mpa
2. Querkontraktionszahl: 0.34

Abmessungen:

1. Längere Seite a: 960 mm
2. Kürzere Seite c: 360 mm
3. Trapezhöhe (Abstand der Parallelseiten) h: 800 mm
4. Basiswinkel $\alpha = \beta$ (gleichschenkliges Trapez)

Wie dick muss die Platte sein, damit dreifache Sicherheit gegen Beulen (Knittern) gewährleistet ist?

1.1. Berechnungsgang

1. SoftPlate-Berechnungsmodul starten.
Nachdem Sie von der Hauptseite www.acips.com oder www.softplate.com zur Startseite der Eingaben gelangt sind, melden Sie sich bitte mit Ihrem Benutzernamen und Ihrem Passwort an. Sie müssen bestätigen, dass Sie die Nutzungsbedingungen akzeptieren.
1. Anwenderdaten eingeben
Die mit * markierten Felder erfordern eine Eingabe.
Bitte beachten Sie auch die Information zu den Anwenderdaten.
2. Bauteilform
Für die Eingabe der Randlagerung, der Geometriedaten und für die Auswahl der berechenbaren Größen ist es notwendig, zuerst die Plattenform auszuwählen.
Aus den berechenbaren Plattenformen wird für das Berechnungsbeispiel die nicht rechtwinklige Viereckplatte gewählt, für die nur die Lösungsmethode C verfügbar ist.
3. Bauteilverhalten
Da die zu bestimmende Dicke als noch klein im Verhältnis zu den Seitenlängen erwartet wird und der homogene Werkstoff Aluminium als schubstarr anzusehen ist, wird die

Voreinstellung der dünnen, schubstarren Platte verwendet.

1. Bauteilquerschnitt
Die Voreinstellung der gleichbleibenden Plattendicke trifft zu.
2. Werkstoffverhalten
Die Voreinstellung des linear elastischen Werkstoffverhaltens trifft zu.
1. Werkstoffanordnung
Die Voreinstellung der isotropen homogenen Platte trifft zu.
2. Randlagerung
Die Randlagerungs-Bedingungen der Ränder sind ungleich. Durch Klicken auf die Schaltfläche [#] wird die Voreinstellung "Gleiche Randlagerung für alle Randpunkte" gelöscht.
Für Rand 1, die längere Parallelseite a, ist der Fall des unverschiebbaren, gestützten, frei drehbaren Randes zu wählen; für die Ränder 2 bis 4 trifft der Fall des frei verschiebbaren, ungestützten, frei drehbaren Randes zu.
3. Bauteilbeanspruchung (Lastfall)
Durch die auf den Rand in Plattenebene wirkende Kraft entsteht eine Druckspannung, die das Bauteil auf instabiles Versagen durch Beulen beansprucht.
Es ist der Lastfall "Beuldruck" zu wählen.
4. Berechnungsbereich
Die Wahl des Berechnungsbereichs ermöglicht die Anpassung der Berechnungsmethode an die jeweilige Belastungsart und Verformungsgröße der Platte.
Nach Wahl des Lastfalls "Beuldruck" ist der Berechnungsbereich "Beulen (Stauchung)" eingestellt.
5. Geometrie
Die 4 Punkte haben die Koordinaten
P1: $x = 0$; $y = 0$ (vorgegebener Punkt)
P2: $x = 960$ (Länge der Seite a); $y = 0$ (vorgegebener Wert)
P3: $x = (960-360)/2 = 300$; $y = 800$ (Trapezhöhe h)
P4: $x = (960+360)/2 = 660$; $y = 800$ (Trapezhöhe h)
Als Startwert zur Berechnung der gesuchten Dicke wird ein beliebiger Schätzwert gewählt, für die Beispielrechnung hier die
Dicke t (Länge in z-Richtung) : 2 mm
6. Werkstoffdaten
Elastizitätsmodul E : 72000 MPa (N/mm²)
Querkontraktionszahl # : 0.34
7. Beanspruchungsdaten
Zur Ermittlung des Beulfaktors wird immer der Einheitsbeuldruck 1 MPa verwendet.
Da der Beuldruck nicht allseitig, sondern nur senkrecht zur kürzeren Trapezseite c in

Richtung der Trapezhöhe wirkt, wird gewählt:
Gleichmäßiger Einheitsbeuldruck in y-Richtung auf die Randkanten

8. Berechenbare Größen
Bei Wahl des Berechnungsbereichs "Beulen (Stauchung)" wird nur der Beulfaktor ermittelt.
[#] Beulfaktor
9. Eingaben zur Plattenberechnung
werden zur Überprüfung und ggfs. Änderung angezeigt.
10. Ergebnis berechnen
Die für den Berechnungsfall zutreffenden Verfahren sind schwarz hervorgehoben und damit wählbar, die nicht zutreffenden sind grau und somit inaktiv. Methode D (Anfrage an SoftPlate Consult) ist immer aktiviert.
Bei der Beispielrechnung kann nur die Methode C (Simulationsrechnung mit der Finite-Element-Methode) gewählt werden.
11. Ergebnisse
Beulfaktor = 0.0147

1.2. Bewertung und Anpassung des Ergebnisses:

Die mit der Beschleunigung 3.2 g auf die Plattenkante wirkende Masse von 17.8 kg erzeugt eine Druckkraft von $3.2 \cdot 9.81 \cdot 17.8 = 558.8$ N bzw. einen Beuldruck von $558.8 / (360 \cdot 2) = 0.776$ MPa (N/mm²).

Unter der Voraussetzung, dass lineares Beulverhalten zutrifft, liefert die Beulanalyse mit dem idealen Einheitsbeuldruck

Objekt4
MPa auf die Plattenränder in Richtung der Plattenebene den idealen kritischen Vergleichsbeuldruck

Objekt6
[MPa] und wegen

Objekt7
den dimensionslosen kritischen Beulfaktor bzw. die vorhandene Beulsicherheit
Objekt5

.

Der kritische Beulfaktor (mal

Objekt10
[MPa]), geteilt durch den tatsächlich auftretenden Beuldruck muss größer oder gleich der

geforderten Sicherheit gegen Beulen

Objekt8

sein, d.h. es muss gelten:

Objekt9

.

Bei 2 mm Plattendicke ist $0.0147/0.776 \# 0.02 \ll 3$, die vorhandene Beulsicherheit ist 150 mal kleiner als die geforderte.

Da der Beulfaktor bei Beuldruck mit der 3. Potenz der Dicke zunimmt, sollte ab der Plattendicke

Objekt1

mm dreifache Beulsicherheit erreicht werden.

Durch Anklicken von "ACIPS Online Berechnung" im Browser gelangt man zurück zu den Eingaben zur Plattenberechnung, ändert bei Geometriedaten die Dicke in 12 mm als der nächstliegenden verfügbaren Dicke von Aluminiumblechen und startet die nächste Berechnung.

Der berechnete Beulfaktor 0.5280, geteilt durch den Beuldruck $558.8/(360*12) = 0.129$, ergibt als ausreichende Beulsicherheit $4.1 > 3.0$.

(Die Plattendicke 10 mm ergibt mit dem Beulfaktor 0.3667, geteilt durch den Beuldruck $558.8/(360*10) = 0.155$, als Beulsicherheit $2.4 < 3.0$.)

Die Platte muss 12 mm dick sein, um unter den gegebenen Bedingungen mindestens dreifache Sicherheit gegen Beulen zu gewährleisten.