

MSC APEX 2022.4 MALZEME KARTLARI

HAZIRLAYAN
Betül ABLAY <i>CAE Uygulama Mühendisi</i>

Yayın Tarihi: 08.03.2023

Malzeme ile ilgili bilgiler her bir malzeme için ayrı ayrı açılan kartlarda tutulmaktadır. Malzeme tanımı üzerinde yer alan malzeme özellikleri seçeneği ile tanımlanan malzemeye ilişkin özellikler ve alabileceği değerler kaydedilmektedir. Değerler ve değerlere ait açıklamalar satırlar şeklinde girilmektedir. MSC Apex 2022.4 versiyonuyla beraber malzeme modelleri doğrudan Nastran malzeme anahtar kelimeleriyle eşleşmektedir. Her malzeme kabı bir Nastran birincil malzeme modeli içermektedir. Daha karmaşık malzeme davranışlarını tanımlamak için ek ikincil malzeme modelleri eklenebilmektedir. Bu yazıda, MSC Apex 2022.4 versiyonundaki malzeme kartları incelenmektedir.

Material Model	Primary	Secondary										
Isotropic	MAT1	MATT1 MAT1F	MATS1	MATVP	MATEP	MATTEP	MATF	MATTF	MATF1	MATTF1G	MATVE	MATTFVE
Shell Anisotropic	MAT2	MATT2 MAT2F		MATVP	MATEP	MATTEP	MATF	MATTF				
Planar Orthotropic	MAT3	MATT3	MATS3	MATVP	MATEP	MATTEP	MATF	MATTF				
Hypoelastic User Sub.	MATUSR	MATTUSR										
General Orthotropic	MATORT	MATTORT	MATSORT				MATF	MATTF				
Shell Orthotropic	MAT8	MATT8 MAT8F	MATS8				MATF	MATTF				
General Anisotropic	MAT9	MATT9 MAT9F										
General Hyperelastic	MATHE	MATTHE									MATVE	MATTFVE
Gasket	MATG	MATTG										
5th order Mooney-Rivlin	MATHP											
Advanced NLELAST	MATNLE											
Shape Memory	MATSMA											
Isotropic Poroelastic	MATPE1											
CZM Material SOL 400	MCOHE											
Composite Mixture	MIXTURE											
NLELAST	MATNLE											
2D/3D Progressive Failure	MATCB											
Digimat Composite	MATDIGI											
Isotropic Heat Transfer	MAT4	MATT4										
Anisotropic Heat Transfer	MAT5	MATT5										
Fluid	MAT10	MAT10F										

Görsel 1 – Birincil ve İkincil Malzeme Girişleri Arasındaki Korelasyon

1. MAT1

Doğrusal izotropik malzemelerin, malzeme özelliklerini tanımlamaktadır.

Format:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MAT1	MID	E	G	NU	RHO	A	TREF	GE	
	ST	SC	SS	MCSID					

Example:

MAT1	17	3.+7		0.33	4.28	6.5-6	5.37+2	0.23	
	20.+4	15.+4	12.+4	1003					

KART PARAMETRELERİ	ANLAMI
MID	Malzeme kimlik numarası
E	Young Modülü
G	Kesme Modülü
NU	Poisson oranı
RHO	Kütle yoğunluğu
A	Termal genişleme katsayısı
TREF	Termal yüklerin hesaplanması için referans sıcaklık veya sıcaklığa bağlı bir termal genişleme katsayısı.
GE	Yapısal analiz sönümlenme katsayısı
ST, SC, SS	Gerilim, sıkıştırma ve kesme için gerilme sınırları isteğe bağlı olarak sağlanmaktadır, yalnızca belirli elemanlardaki güvenlik marjlarını hesaplamak için kullanılmaktadır.
MCSID	Malzeme koordinat sistemi kimlik numarası

2. MAT1F

MAT1 giriş alanlarındaki frekansa bağlı malzeme özelliklerini belirtmektedir.

Format:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MAT1F	MID	E	G	NU	RHO			GE	

Example:

MAT1F	33	15	22	16					
-------	----	----	----	----	--	--	--	--	--

KART PARAMETRELERİ	ANLAMI
MID	Malzeme kimlik numarası
E	Young Modülü
G	Kesme Modülü
NU	Poisson oranı
RHO	Kütle yoğunluğu
GE	Yapısal analiz sönümlenme katsayısı

3. MATT1

MATT1 sıcaklık ve malzemeye bağı özellikleri belirtmektedir.

Format:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MATT1	MID	T(E)	T(G)	T(NU)	T(RHO)	T(A)		T(GE)	
	T(ST)	T(SC)	T(SS)						

Example:

MATT1	17	32	65	84		15			
	52								

KART PARAMETRELERİ	ANLAMI
MID	Malzeme kimlik numarası
T(E)	Young Modülü
T(G)	Kesme Modülü
T(NU)	Poisson oranı
T(RHO)	Kütle yoğunluğu
T(A)	Termal genişleme katsayısı
T(GE)	Yapısal analiz sönümlenme katsayısı
T(ST), T(SC), T(SS)	Gerilim, sıkıştırma, kesme gerilimi sınırı

4. MATS1

Doğrusal olmayan malzemeler içeren uygulamalarda kullanılmak üzere strese bağlı malzeme özelliklerini belirtmektedir.

Format:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MATS1	MID	TID	TYPE	H	YF	HR	LIMIT1	LIMIT2	

Example:

MATS1	17	28	PLASTIC	0.0	1	1	2.+4		
-------	----	----	---------	-----	---	---	------	--	--

KART PARAMETRELERİ	ANLAMI
MID	Malzeme kimlik numarası
TID	TABLES1 veya TABLEST girişinin kimlik numarası.
TYPE	Non-lineer malzeme çeşidi
YF	Yield fonksiyonu kriteri, aşağıdaki değerlerden biri ile seçilir: 1 von Mises 2 Tresca 3 Mohr-Coulomb 4 Drucker-Prager
HR	Hardening Kuralı, aşağıdaki değerlerden biriyle seçilir: 1 İzotropik 2 Kinematik 3 Kombine izotropik ve kinematik sertleşme

5. MATPE1

İzotropik poroelastik malzeme için malzeme özelliklerini belirtmektedir.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MATPE1	MID	MAT1	MAT10	BIOT	POROPT	SRHO			
	VISC	GAMMA	PRANDTL	POR	TOR	AFR	VLE	TLE	

Example:

MATPE1	101	1	10						
	1.84-8	1.4	7.13-1	9.5-1	1.4	2.5-5	9.32-2	9.32-2	

KART PARAMETRELERİ	ANLAMI
MID	Malzeme kimlik numarası
MAT1	Gözenekli malzemenin katı fazı için MAT1 kimlik numarası
MAT10	Gözenekli malzemenin akışkan fazı için MAT10 girişinin kimlik numarası.
BIOT	Biot faktörü
POROPT	Basitleştirilmiş gözenekli seçenekler: LUMPED, RIGID etc.
SRHO	POROPT=LUMPED için katı yoğunluk
VISC	Sıvı dinamik viskozitesi
GAMMA	Özgül ısıların sıvı oranı
PRANDTL	Sıvı Prandtl numarası
POR	Gözenekli malzemenin gözenekliliği
AFR	Hava akış öz direnci

6. MAT8

İzoparametrik kabuk elemanları için ortotropik bir malzemenin malzeme özelliğini tanımlamaktadır.

Format:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MAT8	MID	E1	E2	NU12	G12	G1Z	G2Z	RHO	
	A1	A2	TREF	Xt	Xc	Yt	Yc	S	
	GE	F12	STRN						
	"HFAIL"	HF1	HF2	HF3	HF4	HF10	HF11		
	"HTAPE"	HT1	HT2	HT3	HT4	HT5	HT6	HT10	
		HT11	HT12						
	"HFABR"	HFB1	HFB2	HFB3	HFB4	HFB5	HFB6	HFB10	
		HFB11	HFB12						

KART PARAMETRELERİ	ANLAMI
MID	Malzeme kimlik numarası
E1	X malzeme koordinat yönündeki elastikiyet modülü
E2	Matris yönü veya 2 yönü olarak da tanımlanan Y malzeme koordinat yönündeki elastikiyet modülü
NU12	Poisson oranı
G12	Düzlem içi kesme modülü
G1Z	Z düzleminde kesme için enine kesme modülü
TREF	Termal yüklerin hesaplanması için referans sıcaklık veya sıcaklığa bağlı bir termal genişleme katsayısı.
RHO	Kütle yoğunluğu

7. MATORT

Ortotropik malzeme özelliklerini belirtmektedir. Elastik malzeme özellikleri ile birlikte hem izotropik hem de anizotropik akma koşulları için parametreler de belirlenebilmektedir.

Format:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MATORT	MID	E1	E2	E3	NU12	NU23	NU31	RHO	
	G12	G23	G31	A1	A2	A3	TREF	GE	
	IYLD	IHARD	SY		R11 or m	R22 or C1	R33 or C2	N/A	
	R12 or C3	R23 or C6	R31	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
	OPTION	FILE	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	

KART PARAMETRELERİ	ANLAMI
MID	Malzeme kimlik numarası
E1	X malzeme koordinat yönündeki elastikiyet modülü
E2	Matris yönü veya 2 yönü olarak da tanımlanan Y malzeme koordinat yönündeki elastikiyet modülü
E3	3 yönü olarak tanımlanan elastikiyet modülü
NU12	1-yönlü tek eksenli yükleme için $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$ Poisson oranı
NU23	2-yönlü tek eksenli yükleme için $\frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_2}$ Poisson oranı.
NU31	3-yönlü tek eksenli yükleme için $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_3}$ Poisson oranı.
RHO	Kütle yoğunluğu

8. MAT4

İletkenlik, ısı kapasitesi, yoğunluk, dinamik viskozite, ısı üretimi, referans entalpi ve tek fazlı bir değişiklikle ilişkili gizli ısı için sabit veya sıcaklığa bağlı termal malzeme özelliklerini tanımlamaktadır.

Format:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MAT4	MID	K	CP	ρ	H	μ	HGEN	REFENTH	
	TCH	TDELTA	QLAT						

KART PARAMETRELERİ	ANLAMI
MID	Malzeme kimlik numarası
K	Isı iletkenliği
CP	Özgül ısı
ρ	Yoğunluk
H	Serbest konveksiyonlu ısı transfer katsayısı
μ	Dinamik vizkosite
HGEN	QVOL girişlerinde kullanılan ısı üretim kapasitesi
REFENTH	Referans entalpi

9. MATF1

İzotropik poroelastik malzeme için frekansa bağlı özellikleri belirtmektedir.

Format:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MATF1	MID	T(E)	T(G)	T(NU)	T(RHO)	T(A)		T(GE)	
	T(ST)	T(SC)	T(SS)						

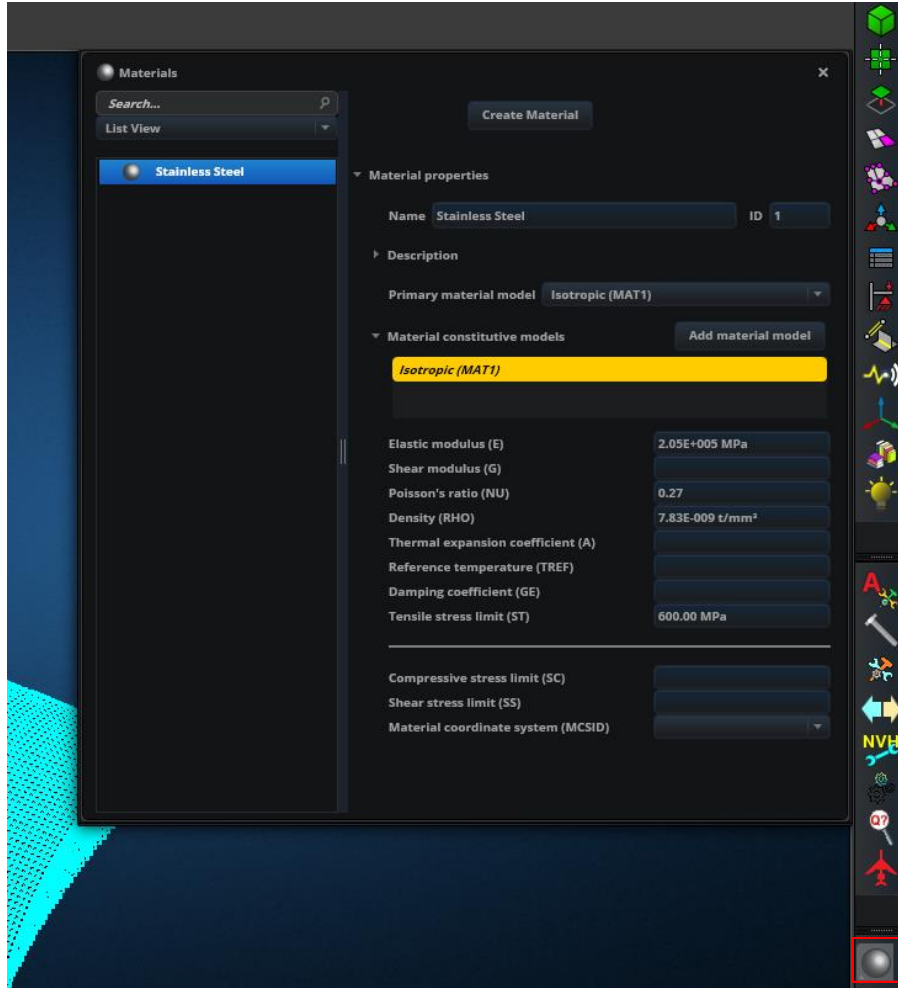
Example:

MATF1	1	30			130				
-------	---	----	--	--	-----	--	--	--	--

KART PARAMETRELERİ	ANLAMI
MID	Malzeme kimlik numarası
T(E)	Young Modülü
T(G)	Kesme Modülü
T(NU)	Poisson oranı
T(RHO)	Kütle yoğunluğu
T(A)	Termal genişleme katsayısı
T(GE)	Yapısal analiz sönümlenme katsayısı
T(ST), T(SC), T(SS)	Gerilim, sıkıştırma, kesme gerilimi sınırı

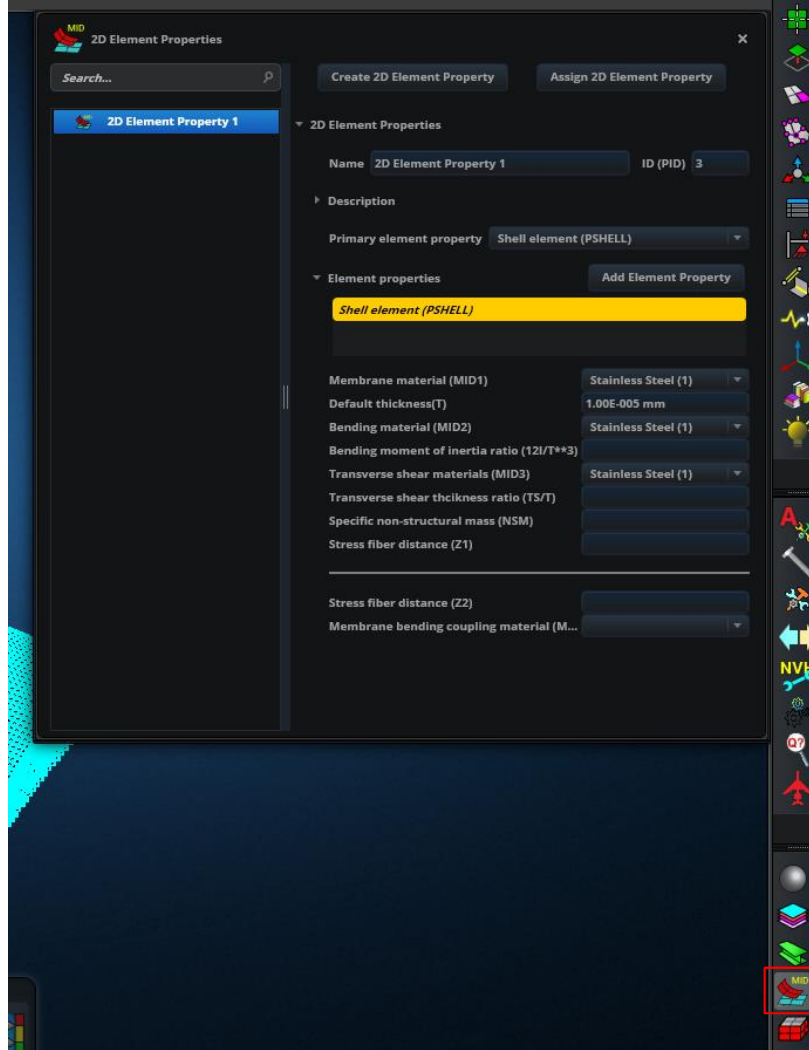
10. Örnek Çalışma:

Aşağıdaki görselden örnek vermek gerekirse, lineer izotropik bir malzemenin (MAT1) tanımı yapılmaktadır. Apex 2022.4 ara yüzünde malzememizi tanımlarken, “Materials” kısmına gelip paslanmaz çelik lineer izotropik bir malzeme olduğundan dolayı malzeme modelimizi MAT1 seçip, ardından malzeme özellikleri girilmektedir.



Görsel 2 – Apex 2022.4 Ara Yüzünde MAT1 Malzemesi

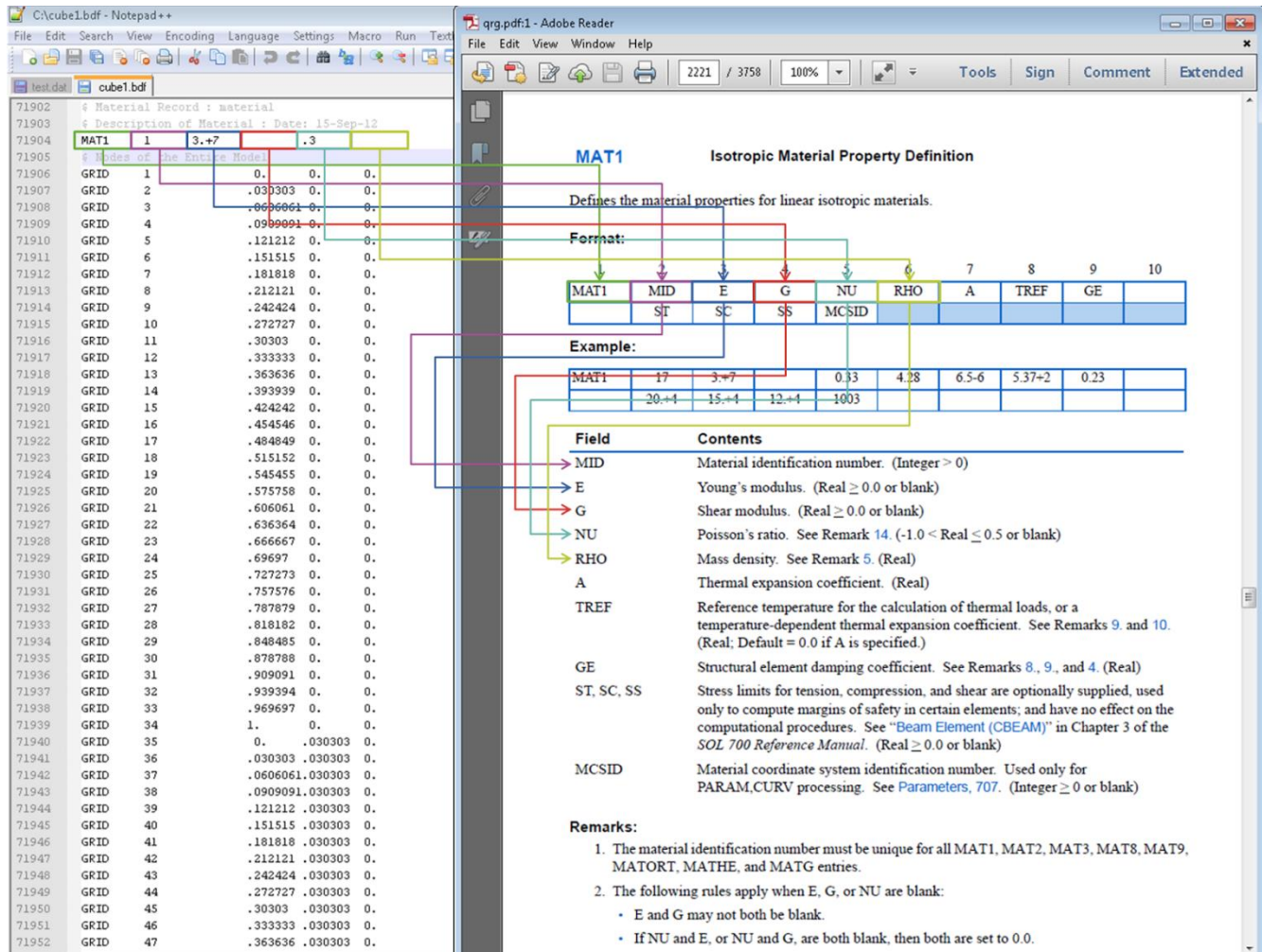
iki boyutlu çalıştırmamızdan dolayı iki boyutlu eleman özellikleri girilmekte ve malzeme tanımı gerçekleştirilmektedir.



Görsel 3 – Apex 2022.4 “MAT1” Malzemesinin 2D Eleman Özellikleri

Nastran referans kitapçığında tanım sırasındaki ilgili alanların ne anlama geldiği aşağıdaki gibidir.

1. Alan 1= Lineer izotropik malzeme kartı (Nastran bu satırın ne olduğunu bu kart sayesinde anlamaktadır.)
2. Alan 2= Malzeme Numarası (Bu malzeme herhangi bir elemanda kullanılmak istendiğinde bu numara ile çağırılmaktadır.)
3. Alan 3= Young Modülü
4. Alan 4= Kesme Modülü (Genellikle boş bırakılmakta ve program tarafından varsayılan değer kullanılmaktadır.)
5. Alan 5= Poisson Oranı



Isotropic Material Property Definition

Defines the material properties for linear isotropic materials.

Format:

MAT1	MID	E	G	NU	RHO	A	TREF	GE
	ST	SC	SS	MCSID				

Example:

MAT1	17	3.+7		0.33	4.28	6.5-6	5.37-2	0.23
	-20.+4	15.+4	12.+4	1003				

Field Contents

Field	Contents
MID	Material identification number. (Integer > 0)
E	Young's modulus. (Real ≥ 0.0 or blank)
G	Shear modulus. (Real ≥ 0.0 or blank)
NU	Poisson's ratio. See Remark 14. (-1.0 < Real ≤ 0.5 or blank)
RHO	Mass density. See Remark 5. (Real)
A	Thermal expansion coefficient. (Real)
TREF	Reference temperature for the calculation of thermal loads, or a temperature-dependent thermal expansion coefficient. See Remarks 9 and 10. (Real; Default = 0.0 if A is specified.)
GE	Structural element damping coefficient. See Remarks 8, 9, and 4. (Real)
ST, SC, SS	Stress limits for tension, compression, and shear are optionally supplied, used only to compute margins of safety in certain elements; and have no effect on the computational procedures. See "Beam Element (CBEAM)" in Chapter 3 of the SOL 700 Reference Manual. (Real ≥ 0.0 or blank)
MCSID	Material coordinate system identification number. Used only for PARAM,CURV processing. See Parameters, 707. (Integer ≥ 0 or blank)

Remarks:

1. The material identification number must be unique for all MAT1, MAT2, MAT3, MAT8, MAT9, MATORT, MATHE, and MATG entries.
2. The following rules apply when E, G, or NU are blank:
 - E and G may not both be blank.
 - If NU and E, or NU and G, are both blank, then both are set to 0.0.

Görsel 4 – MAT1 Malzeme Kartı

11. REFERANS

- MSC Nastran 2022.4 Quick Referans Guide
- [What's New in MSC Apex 2022.4 \(hexagon.com\)](https://www.hexagon.com/what-s-new-in-msc-apex-2022-4)