

גלגל תנופה כפול-מסה של LuK

טכנולוגיה / אבחון כשלים
הוראות בדיקה / הוראות למשתמש



Copyright ©
Schaeffler Automotive Aftermarket GmbH & Co. KG
אוקטובר 2019

תוכן עליון זה אינו מחייב מבחינה משפטית והוא מיועד למטרות מידע בלבד.
ככל המותר מבחינה חוקית, Schaeffler Automotive Aftermarket GmbH & Co. KG אינה נושאת באחריות לגבי חוברת זו או בקשר אליה. כל הזכויות שמורות.
אסור להעתיק, להפיץ, לשכפל, להעלות לרשות הציבור או לפרסם בצורה אחרת חוברת זו במלואה או בתמצית ללא הסכמה מראש ובכתב של Schaeffler Automotive Aftermarket GmbH & Co. KG.

תוכן העניינים

4	1	היסטוריה
7	2	גלגל תנופה כפול-מסה - DMF
7	2.1	מדוע גלגל תנופה כפול מסה?
7	2.2	עיצוב
8	2.3	תפקוד
9	3	רכיבי גלגל תנופה כפול מסה
9	3.1	מסה ראשית
10	3.2	מסה משנית
11	3.3	מסב
13	3.4	אוגן
15	3.5	דסקת בקרת החיכוך
15	3.6	קפיצי קשת
17	4	צורות מיוחדות של גלגלי תנופה כפולי מסה
22	5	אבחון כשלים בגלגל תנופה כפול מסה
22	5.1	עצה כללית לבדיקת גלגל התנופה כפול המסה
23	5.2	רעש
25	5.3	תוכנת מנוע פיראטית
26	5.4	בדיקה חזותית/איפיון נזקים
33	6	תיאור כלי הבדיקה של גלגל התנופה כפול המסה
35	7	בדיקות תפקוד גלגל תנופה כפול מסה
36	7.1	איזו בדיקה מתאימה עבור איזה גלגל תנופה כפול מסה?
37	7.2	מדידת החופש באמצעות מד מעלות
41	7.3	מדידת החופש על ידי ספירת שינים שעל זר שיני המתנע
44	7.4	מדידת נדנוד
46	8	ברגים עבור מכלולי גלגל תנופה כפול מסה וגלגל התנופה כפול המסה הכולל מצמד
47	9	ערכים נקובים

1 היסטוריה



משיכוך רעידות קונבנציונלי ועד גלגל תנופה כפול-מסה

מאז אמצע שנות השמונים דחפה התקדמות זו את טכנולוגיית משכך הרעידות הקלאסי - כחלק בלתי נפרד מדיסק המצמד - אל קצה גבול היכולת שלו.

כאשר שטח התקנה הזמין נשאר זהה או אף קטן, משכך הרעידות הקלאסי הוכח כאינו מספק אל מול תנודות הפיתול והרעידות הגוברות והולכות של המנוע. פיתוח נרחב של LuK הביא לפתרון פשוט אך יעיל מאוד - גלגל תנופה כפול-מסה (dual mass flywheel - DMF) - קונספט חדש למשכך הרעידות מערכת ההינע.

ההתפתחות המהירה של טכנולוגיית הרכב בעשורים האחרונים הביאה לביצועי מנוע גבוהים יותר מאי פעם במקביל לדרישה מוגברת לנוחות הנהג.

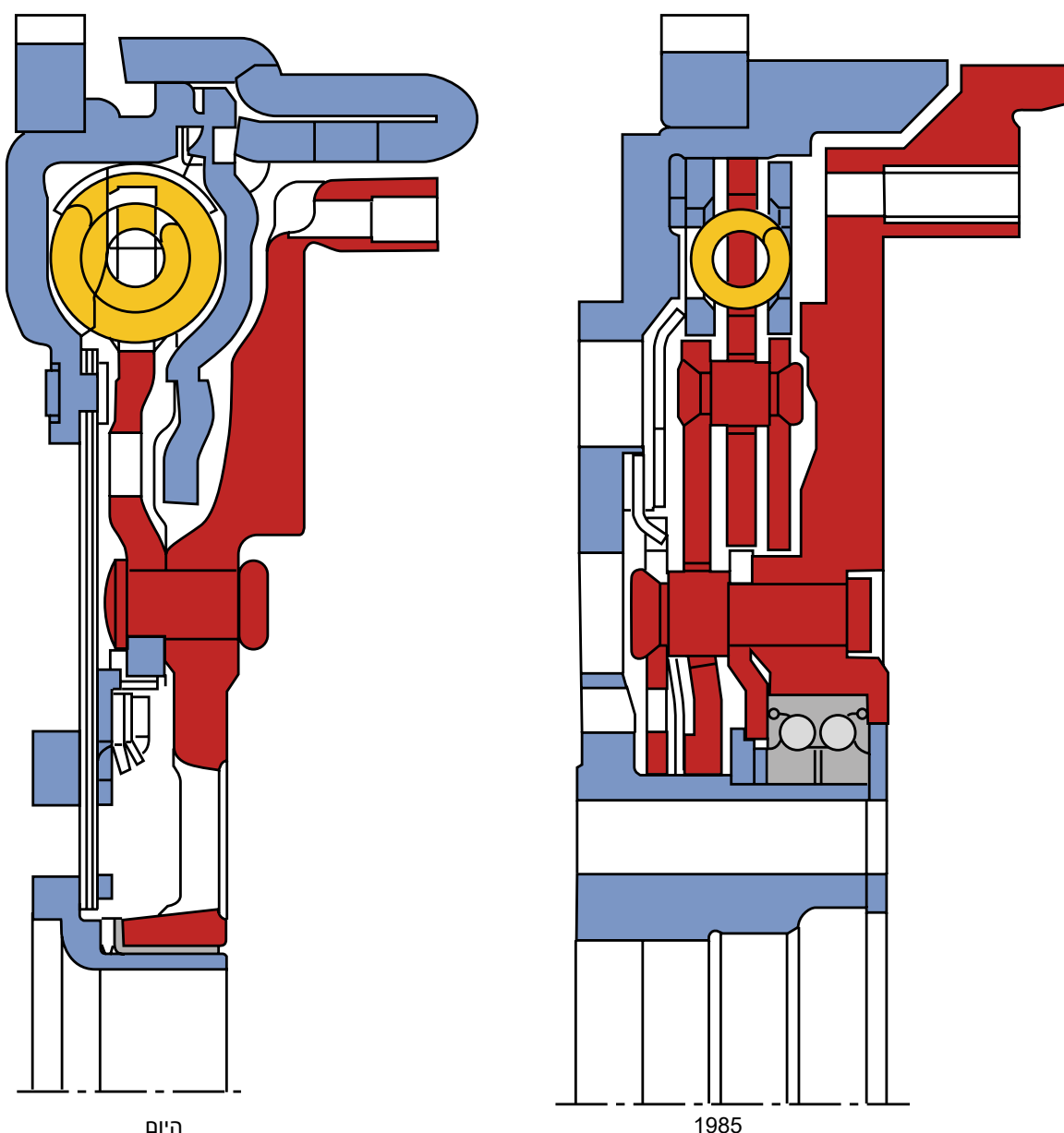
קונספט הרכב החסכוני במשקל וגופים שעברו מיטוב במנהרות רוח חושפים כעת את הנהג למקורות רעש אחרים. בנוסף תורמים לכך קונספט הפחתת משקל הרכב, מנועים במהירות נמוכה במיוחד ותיבות הילוכים מהדור החדש המשתמשות בשמנים קלים.



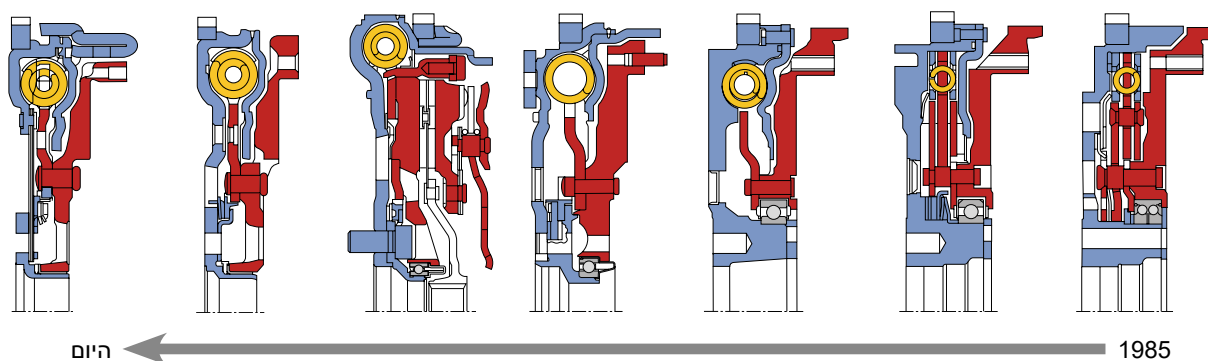
לעומת זאת, מנועי 4 צילינדרים גורמים לאי סדירות סיבובית גבוהה יותר וכתוצאה מכך למהירויות תהודה גבוהות יותר. מיקום מחדש של הקפיצים לכיוון הקצה החיצוני ושימוש בקטרי קפיצים בלחץ גבוה הגדילו את יכולת השיכוך פי חמישה ללא צורך בחלל גדול יותר.

תצורת הקפיצים בגלגל התנופה כפול המסה מהדור הראשון הייתה זהה למשכך הרעידות הקונבנציונלי, שם קפיצי הלחץ מותקנים בכיוון רדיאלי קרוב למרכז ולכן באפשרותם לספק יכולת קפיצית מוגבלת בלבד. תכנון זה הספיק בכדי לבוודד את התנודות במנועי 6 צילינדרים, מכיוון שאלו מייצרים מהירויות תהודה נמוכות.

תרשים תפקודי של גלגל תנופה כפול מסה

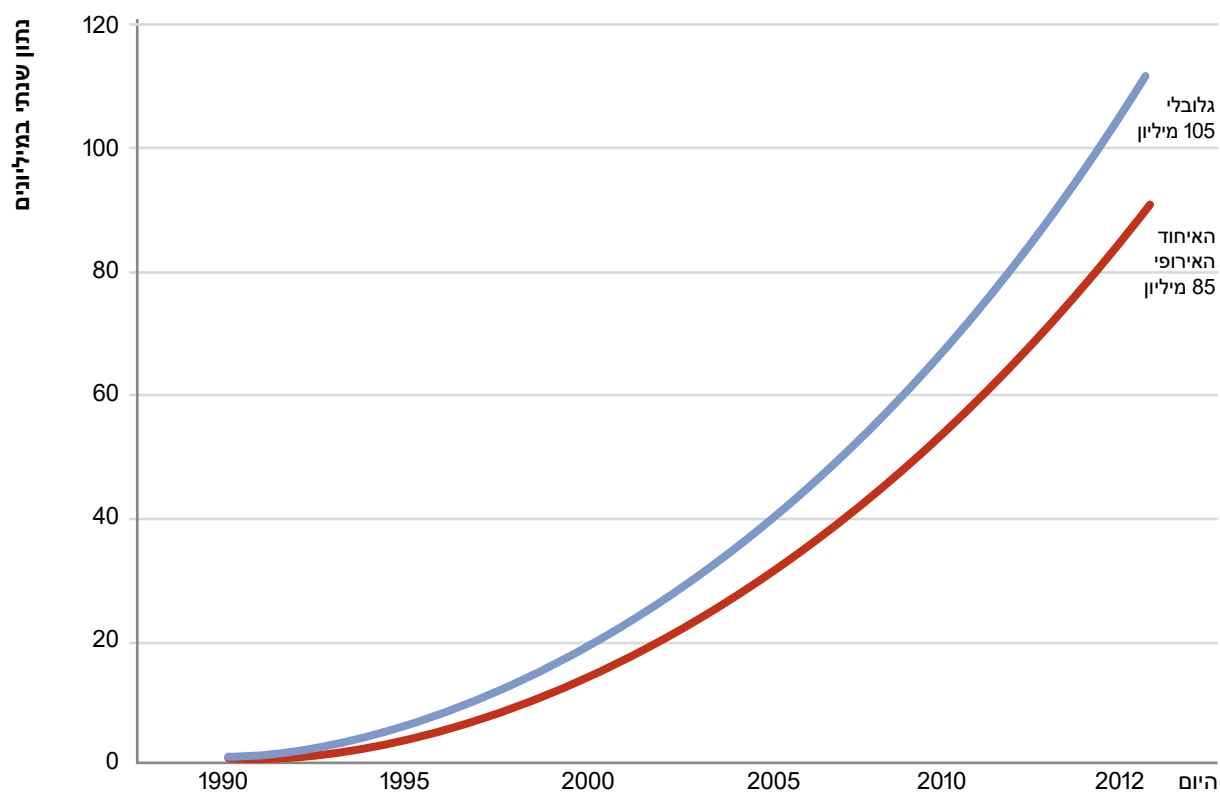


גלגל תנופה כפול מסה - אבני דרך בטכנולוגיה



- מסה ראשית
- מערכת משך קפיצים
- מסה משנית

כלי רכב המצוידים בגלגל תנופה כפול מסה - בתיאור משנת 1990 עד היום



2 גלגל תנופה כפול-מסה - DMF

2.1 מדוע גלגל תנופה כפול מסה?

מחזורי ההצתה של מנוע 4 פעימות יוצרים תנודות מומנט הגורמות לרעידות לעבור במורד מערכת ההינע. הרעש והרעידות אשר נוצרו כתוצאה מכך, כגון רעשים בזמן שילוב ההילוכים, רעשי גוף הרכב והתנודות בעומסים משתנים, מביאים לירידה הן בנוחות בתא הנוסעים והן בנוחות הנהיגה. המטרה בפיתוח ה-DMF הייתה אפוא לבדוד ככל שניתן את מערכת ההינע מהרעידות הנגרמות על ידי מסת המנוע המסתובבת.

2.2 עיצוב

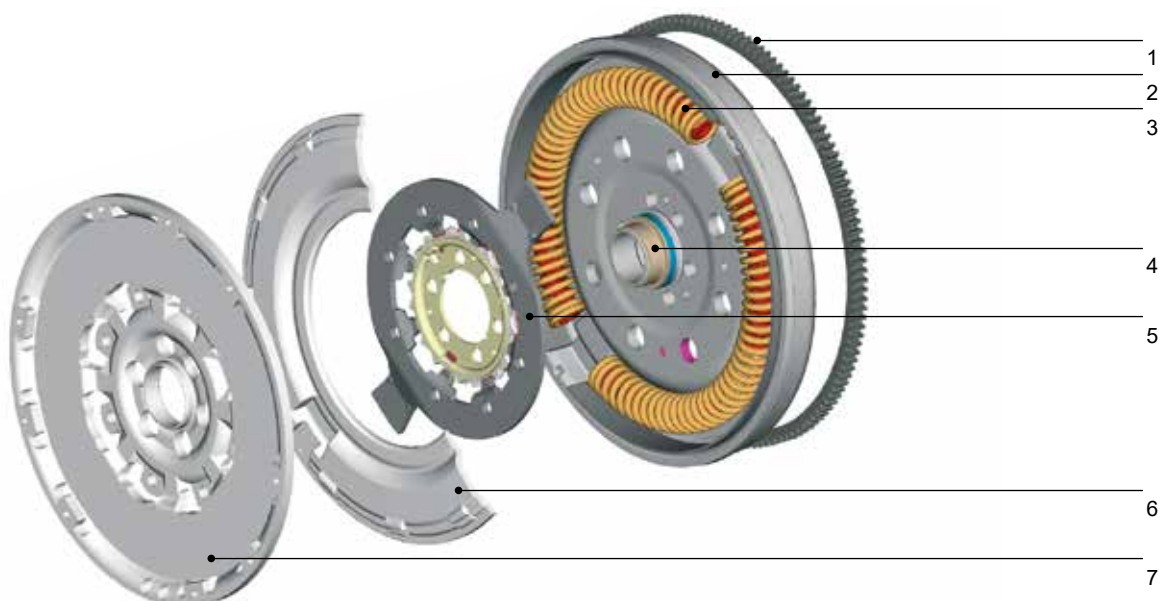
DMF סטנדרטי

DMF סטנדרטי מורכב מהמסה הראשית והמסה המשנית.

שתי המסות הנפרדות מתחברות באמצעות מערכת משכך קפיצים ונתמכות על ידי מסב כדורי בחריץ עמוק או מסב החלקה, כך שהן יכולות להסתובב זו מול זו.

המסה הראשית עם זר השיניים של המתנע מונעת על ידי המנוע ומחוברת באמצעות ברגים אל גל הארכובה. היא סוגרת, יחד עם הכיסוי הראשי, חלל המהווה את תעלת קפיץ הקשת.

בלב מערכת משכך הקפיצים נמצאים קפיצי הקשת. הם יושבים במובילים בתעלות קפיצי הקשת וממלאים בצורה יעילה את דרישות משכך הרעידות ה"אידיאלי". המובילים מבטיחים כיוון נכון של הקפיצים במהלך הפעולה והגריז סביב הקפיצים מפחית את הבלאי בינם לבין עצמם, ובין המובילים והתעלות.



- 1 זר שיני המתנע
- 2 מסה ראשית
- 3 קפיצי קשת
- 4 מסב החלקה

- 5 אוגן (תושבת/פלאנץ')
- 6 כיסוי ראשי (חתך רחב)
- 7 מסה משנית



הודות למערכת משכך הקפיצים האינטגרלית שלו, גלגל התנופה כפול המסה סופג כמעט לחלוטין את הרעידות הנוצרות מפעולת המנוע. התוצאה: שיכון רעידות טוב מאוד.

המומנט מועבר באמצעות האוגן (תושבת/פלאנץ'). האוגן מסומרר למסה המשנית כשכנפיו יושבות בין קפיצי הקשת.

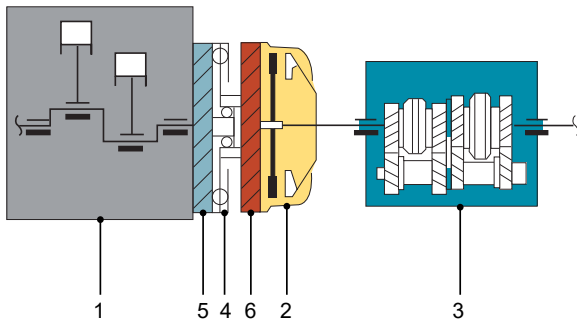
המסה המשנית עוזרת להגדיל את מומנט האינרציה של המסה בצד תיבת ההילוכים. פתחי אוורור מבטיחים שהחום יתפזר ביעילות. מכיוון שלגלגל התנופה כפול המסה יש מערכת משכך קפיצים אינטגרלית, בדרך כלל נעשה שימוש בדיסק מצמד קשיח ללא המשכך הקפיצי במרכזו.

2.3 תפקוד

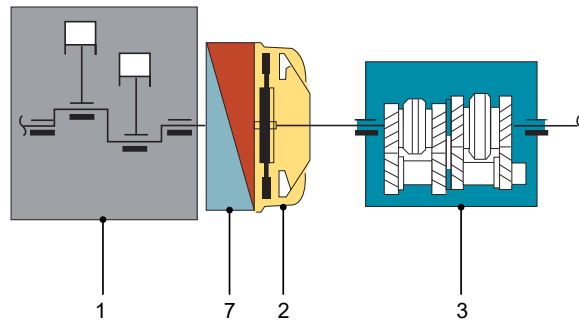
עם משככי רעידות מקוריים, מועבר לתחום מהירות תהודה נמוך יותר. הדבר מבטיח שיכוך מעולה של רעידות הנוצרות מפעולת המנוע גם במהירויות סרק.

עיקרון התפקוד של גלגל תנופה כפול מסה הוא פשוט, אך יעיל. הודות למסה הנוספת על גל הכניסה של תיבת ההילוכים, טווח הרעידות, הנמצא בדרך כלל בין 1,200 סל"ד ל-2,400 סל"ד

עיקרון הפעולה עם גלגל תנופה כפול-מסה

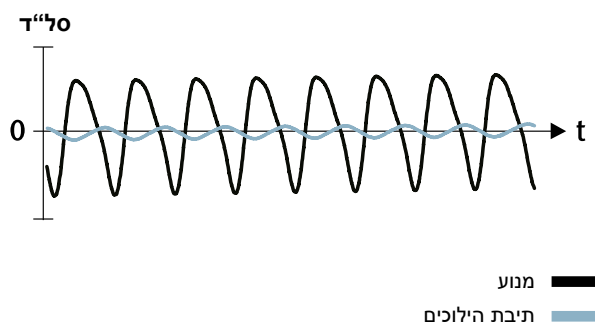


עיקרון הפעולה של גלגל תנופה קונבנציונאלי



- 1 מנוע
- 2 מצמד
- 3 תיבת הילוכים
- 4 משכך רעידות
- 5 מסה ראשית
- 6 מסה משנית
- 7 גלגל תנופה

אופן העברת הרעידות



עם גלגל תנופה כפול-מסה:

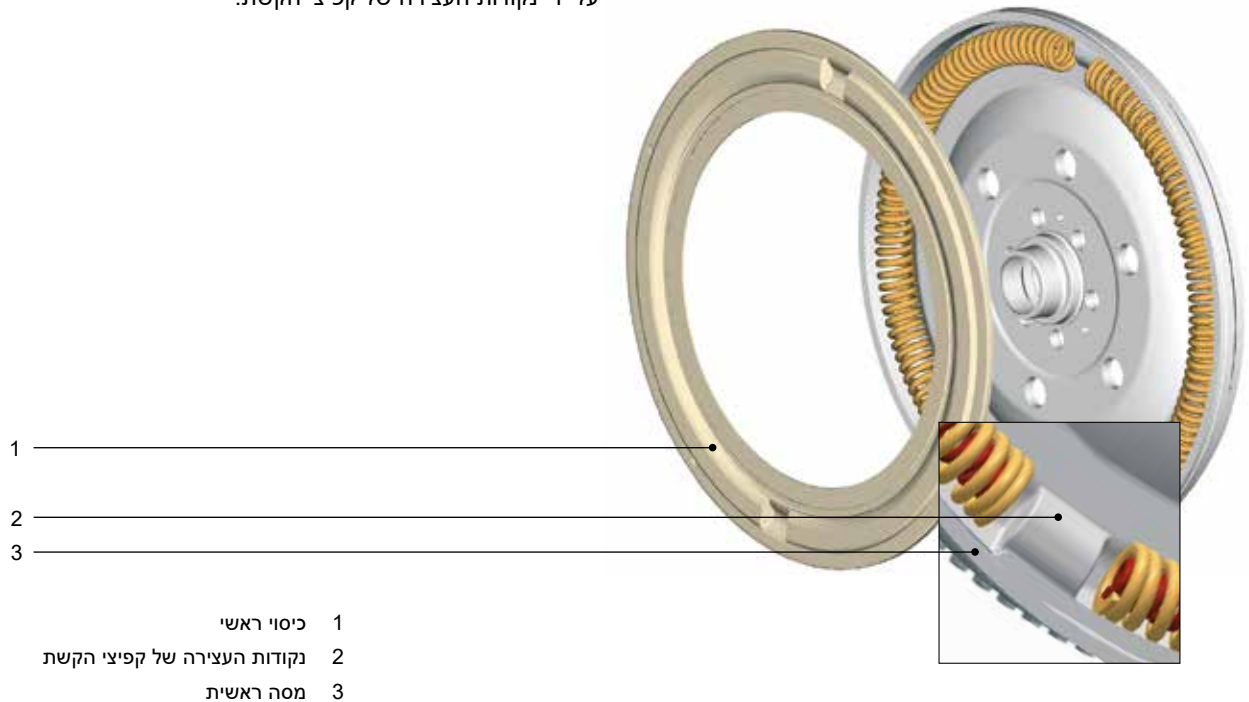
לעומת זאת, מערכת משכך הקפיצים של גלגל התנופה כפול המסה מסננת את הרעידות הנגרמות על ידי פעולת המנוע. הדבר מונע מרכיבי תיבת ההילוכים להקיש זה על זה – לא נוצר רעש ודרישות הנהג לנוחות גבוהה יותר מתקיימות במלואן.

3 רכיבי גלגל תנופה כפול מסה

3.1 מסה ראשית

בהשוואה לגלגל תנופה קונבנציונאלי, המסה הראשית של גלגל התנופה כפול המסה גמישה יותר בצורה משמעותית, דבר המסייע להקל על עומס גל הארכובה. בנוסף, המסה הראשית - יחד עם הכיסוי הראשי - יוצרים את תעלת קפיץ הקשת המחולקת בדרך כלל לשני חלקים, המופרדים על ידי נקודות העצירה של קפיצי הקשת.

המסה הראשית מחוברת לגל הארכובה של המנוע. האינרציה של המסה הראשית וגל הארכובה משתלבות ליצירת שלם.



לצורך התנעת המנוע, ממוקם על המסה הראשית זר השיניים של המתנע. הוא מרותך או מוכנס בלחץ, תלוי בסוג גלגל התנופה כפול המסה.



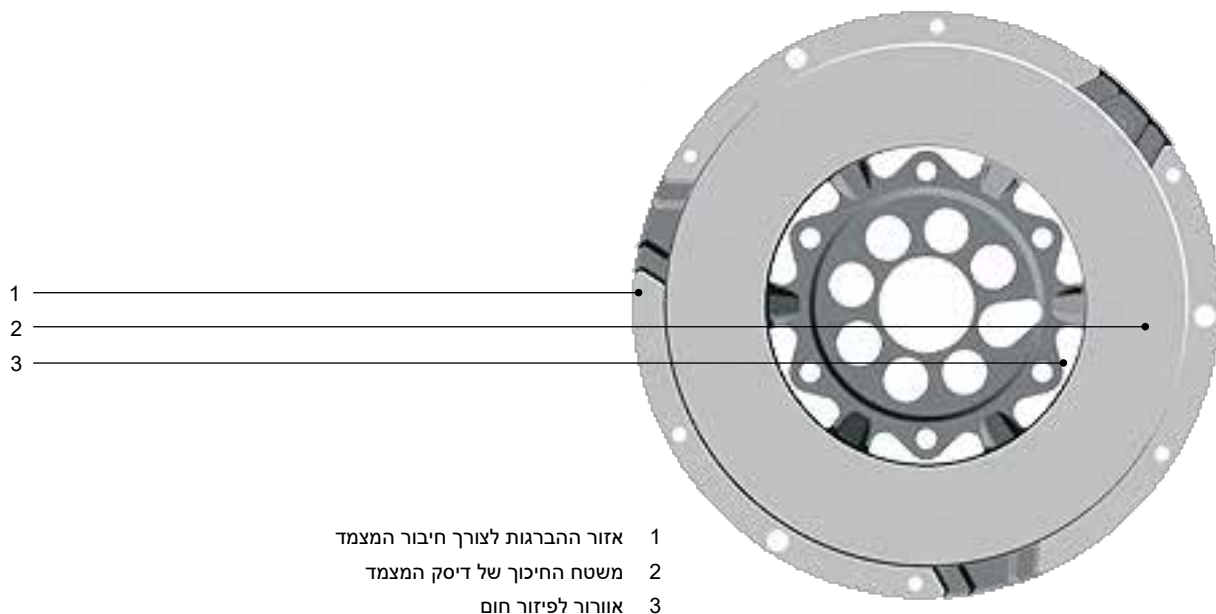
3.2 מסה משנית

מומנט המנוע מועבר מהמסה הראשית למסה המשנית באמצעות קפיצי הקשת והאוגן.

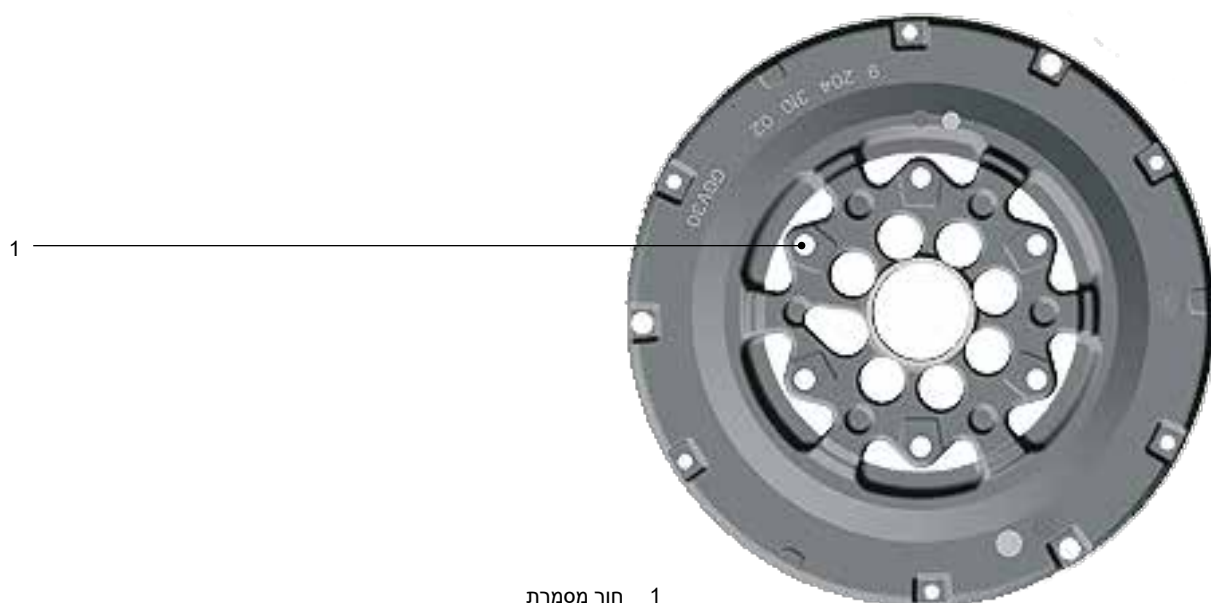
הודות למסב בין המסה הראשית והמשנית, מתאפשרת תנועה רדיאלית עצמאית של המסות.

בדומה לגלגל תנופה קשיח (חד-מסתי), תפוקת הכוח מועברת באמצעות המצמד, המותקן באמצעות ברגים על המסה המשנית. ההבדל המכריע, עם זאת, הוא שמומנט המנוע כעת ברובו חופשי מרעידות, כלומר שהוא מווסת.

מסיבה זו ניתן להשתמש בדיסק מצמד ללא שינוי רעידות ברוב המקרים אם משתמשים בגלגל תנופה כפול מסה.



צד תיבת הילוכים

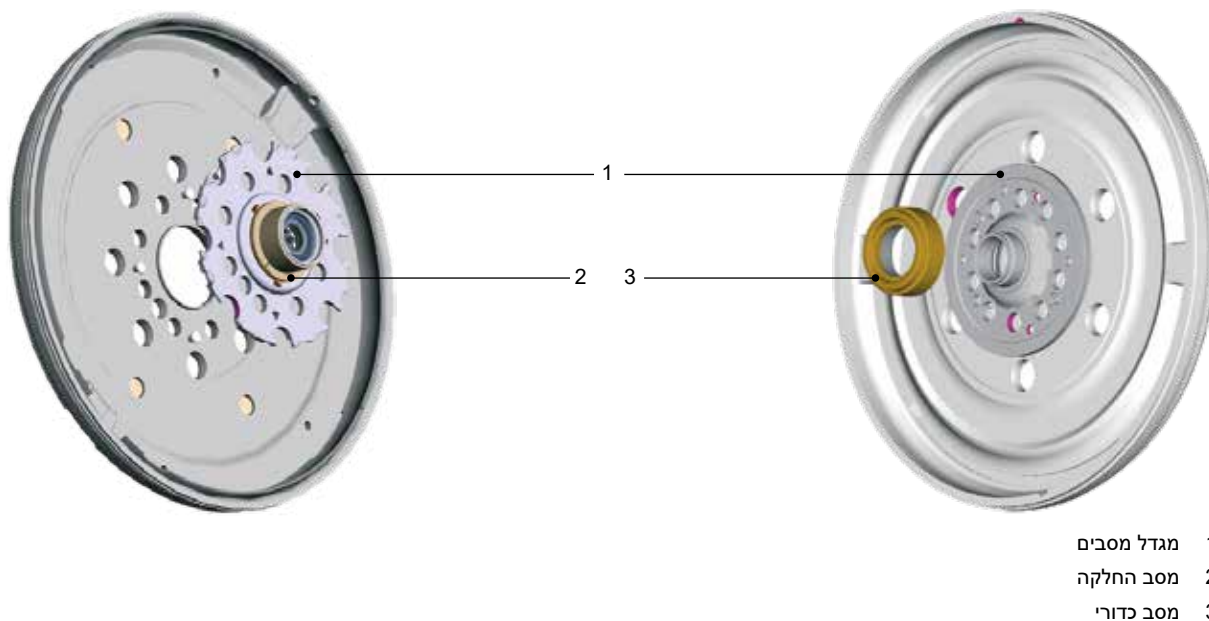


צד המנוע

3.3 מסב

המסב במסה הראשית משמש כקישור מסתובב עם המסה המשנית.

עליו לא רק לספוג את הכוחות הרדיאליים הקשורים למשקלם של גלגל התנופה המשני והמצמד, אלא גם את הכוחות הציריים הנוצרים על ידי הכוח המשתחרר בעת ניתוק המצמד.



סוגי מסבים

ניתן להשתמש בשני סוגים שונים של מסבים בגלגל תנופה כפול מסה:

מסב כדורי

כאשר החל פיתוח גלגל התנופה כפול המסה ניתן היה להשתמש במסבים כדוריים גדולים בגלל התכנון הפשוט יחסית של הרכיבים הפנימיים.

עם זאת, הדרישות הגוברות והולכות לשיכוך רעידות יצרו דרישה לרכיבים נוספים הדרושים בגלגל תנופה כפול מסה. מסיבה זו, היה צורך ליצור שטח בנייה נוסף. הדבר הוביל להפחתה שיטתית של קוטר המסב הכדורי. מסבים כדוריים קטנים מאפשרים שילוב של משככי תנודות סיבוב נוספים ללא צורך בחלל נוסף, ובדרך זו מגדילים את היעילות של ה-DMF.



מסב החלקה

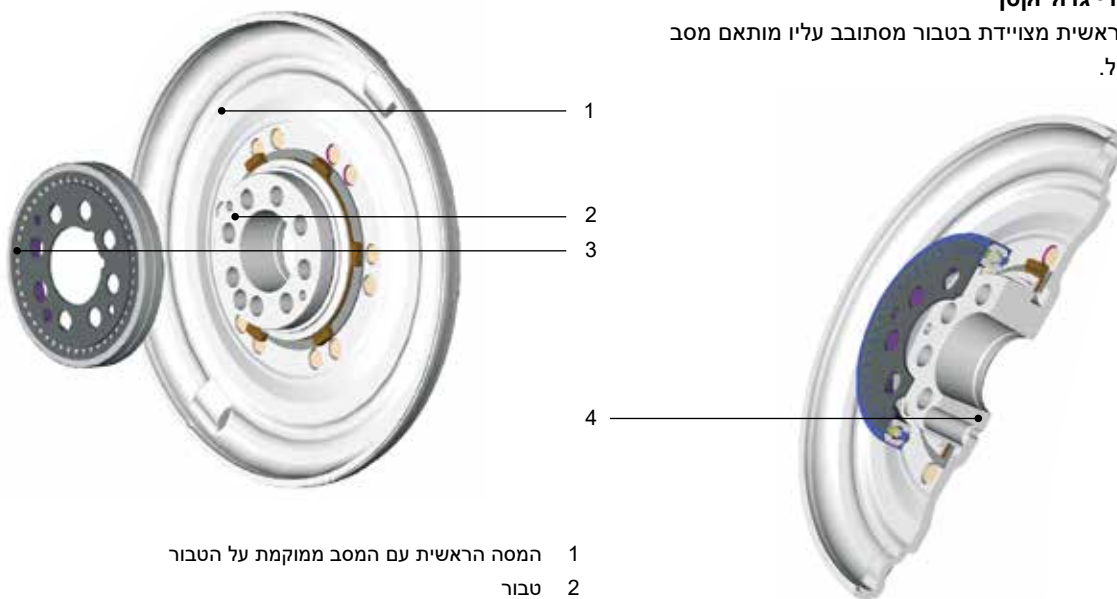
בהשוואה למסבים כדוריים, מסבי החלקה תופסים פחות מקום והעיצוב שלהם פשוט יותר. למרות עלויות הייצור הנמוכות שלהם, ניתן להשתמש בהם באופן אוניברסאלי, ובמידת הצורך ניתן לעצב אותם לאפשר תנועה צרית.



מסב 3.3

מסב כדורי גדול וקטן

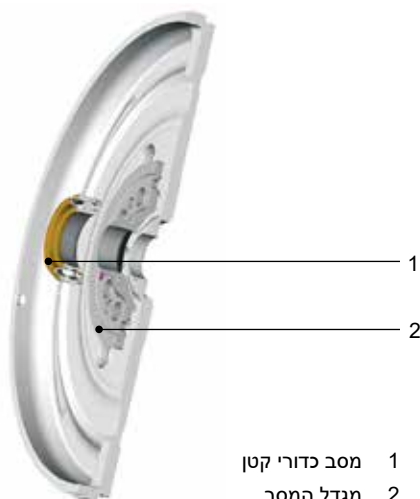
המסה הראשית מצוידת בטבור מסתובב עליו מותאם מסב כדורי גדול.



- 1 המסה הראשית עם המסב ממוקמת על הטבור
- 2 טבור
- 3 מסב כדורי גדול
- 4 חתך רוחב - מסה ראשית עם טבור ומסב כדורי גדול

אוגן טבורי בעל תושבת מסב (מסתובבת או משוכה) מותקן על המסה הראשית.

ניתן להתאים את תושבת המסב לחיבור מסב כדורי קטן - כמוצג כאן - או מסב החלקה.

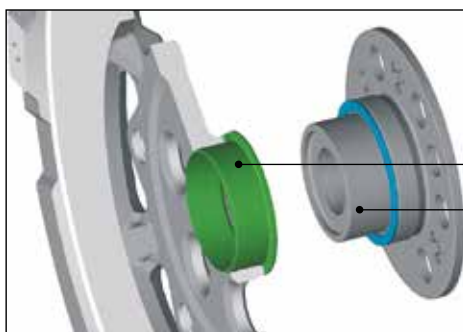


- 1 מסב כדורי קטן
- 2 מגדל המסב

מסב החלקה

בהשוואה למסבים כדוריים, מסבי החלקה תופסים פחות מקום והעיצוב שלהם פשוט יותר.

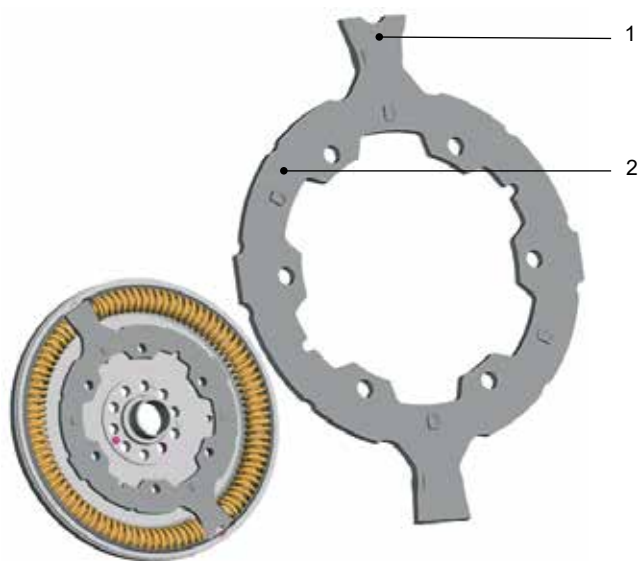
למרות עלויות הייצור הנמוכות שלהם, ניתן להשתמש בהם באופן אוניברסאלי, ובמידת הצורך ניתן לעצב אותם לאפשר תנועה צרית.



- 1 תותב מסב החלקה מצופה
- 2 מגדל המסב על אוגן המסב



3.4 אוגן



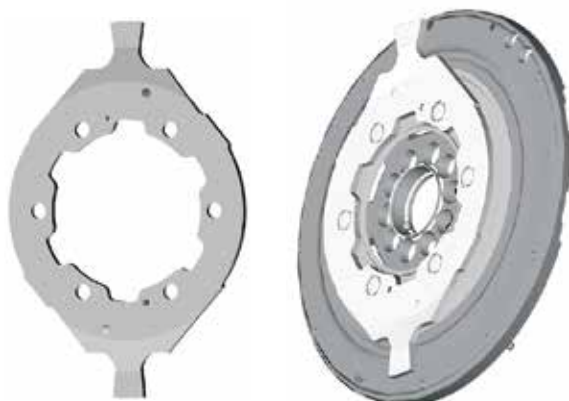
מטרת האוגן היא להעביר את המומנט מהמסה הראשית באמצעות קפיצי הקשת לגלגל התנופה המשני; במילים אחרות, מהמנוע אל המצמד. האוגן ממוסמר בחוזקה למסה המשנית כשכנפיו (חיצים) יושבות בין תעלות קפיצי הקשת של המסה הראשית. המרווח בין מעצורי קפיצי הקשת בתעלת קפיצי הקשת גדול מספיק כדי לאפשר לאוגן להסתובב.

1 כנפי האוגן
2 אוגן

עיצובי אוגן

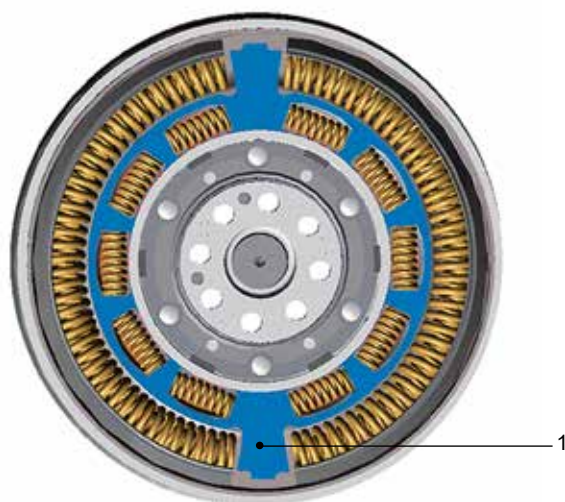
אוגן קשיח

האוגן הקשיח ממוסמר ישירות למסה המשנית. הדבר מאפשר שימוש בכנפי אוגן בסימטריות שונות, דבר המשפיע לטובה על בידוד התנודות. הצורה הפשוטה ביותר היא האוגן הסימטרי, בו צדדי המשיכה והדחיפה זהים. כך, מופעל עומס על קפיצי הקשת דרך האזורים החיצוניים והפנימיים של סליל הקצה.



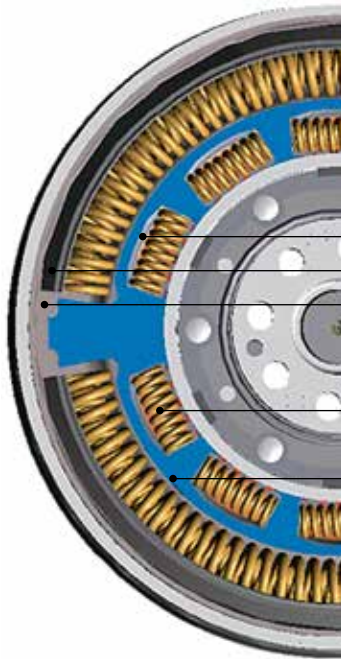
אוגן עם משך פנימי

תפקיד המפתח של גלגל התנופה כפול המסה הוא לבדוד את תיבת ההילוכים מהרעידות הנוצרות על ידי המנוע. על מנת לפצות על מומנטי המנוע הגדלים בקביעות בזמן שחלל ההתקנה נותר זהה, עקומות המתיחה של קפיצי הקשת חייבות להתרומם בצורה תלולה יותר. כתוצאה מכך, יכולת שיכוך התנודות שלהם מתדרדרת. שימוש במשככים פנימיים נטולי חיכוך מסייע בשיפור מניעת הרעידות בזמן האצה. גם האוגן וגם תומכות הצד מעוצבים עם מפתחי קפיצי המאכלסים קפיצי לחץ ישרים. מאפייני שיכוך התנודות המצוינים של גלגל התנופה כפול המסה עם משך פנימי מובטחים גם בטווחי המומנט הגבוהים ביותר.

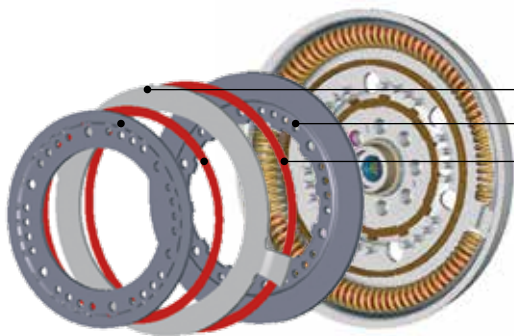


1 אוגן עם מפתח קפיץ

3.4 אוגן



- 1 מפתח קפיץ
- 2 מובילים
- 3 עצירת קפיץ קשת במסה הראשית
- 4 קפיץ לחץ
- 5 אוגן



- 1 אוגן
- 2 לוח תומך
- 3 שטח החיכוך

במהירויות גבוהות של המנוע, הכוחות הצנטריפוגליים המתקבלים לוחצים את קפיצי הקשת כלפי חוץ כנגד המובילים ומשביתים את סלילי הקפיצים. כתוצאה מכך, קפיץ הקשת מתקשה ופעולת הקפיץ אובדת בחלקה. על מנת לשמור על פעולת קפיצים מספקת, מותקנים באוגן קפיצי לחץ ישרים. הודות למסתם הנמוכה יותר ומיקום ההרכבה שלהם ברדיוס קטן יותר, קפיצים אלו נתונים לכוח צנטריפוגלי נמוך יותר. בנוסף, הצורה הקמורה של הקצה העליון של חלונות הקפיץ עוזרת למזער את החיכוך. הדבר מבטיח שהחיכוך לא יגדל וכן ערך הקפיציות האפקטיבי יגדל ככל שעולה מהירות המנוע.

אוגן עם מצמד חיכוך

כאשר נעשה ניסיון להתאים את מהירות המנוע במהירות רבה למהירות גל הכניסה לתיבת ההילוכים, מתרחשים עומסי שיא פתאומיים, דבר הנקרא פגיעות. בדרך זו, למשל, פגיעה עשויה להיגרם בגלל שילוב פתאומי, מצב המוביל לכיבוי המנוע. כאן קפיצי הקשת דחוסים במלואם, דבר המוביל לעלייה לא פרופורציונאלית בעומס על האוגן. במקרה של אוגנים קשיחים וכאלו עם שיכוך פנימי, פגיעות תכופות עלולות להוביל לעיוות חומרי, שיגיע לשיאו בשבירה של כנפי האוגן.

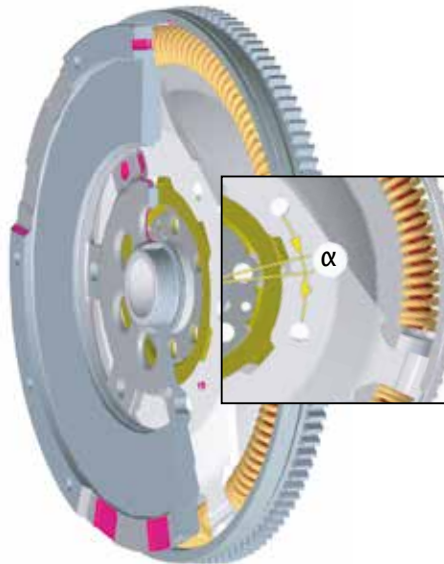
אחת הדרכים לפצות על פגיעות ולמזער נזקים חומריים היא אוגן עם מצמד חיכוך. במקרה זה, האוגן מעוצב כקפיץ דיאפרגמה. הוא נדרך מראש וממוקם על ידי שתי דסקות תמך מסומרות עם שטח חיכוך דק. בחתך רוחב, הוא יוצר מתקן בצורת מזלג המאפשר החלקה של האוגן. במקרה של פגיעה, האוגן יכול כעת להסתובב בתוך דסקות התמיכה. עודף האנרגיה מתפוגג כחום חיכוך. בדרך זו ממוזער העומס על כנפי האוגן.

הערה:

הגנה מפני עומס יתר מיועדת רק לעומסי שיא קצרים בנהיגה רגילה. עומס יתר קבוע, למשל בעת עומס גרר מוגזם או עקב שיפור ביצועים (תוכנת שיפור ספורטיבית), מוביל לבלאי מוקדם במצמד החיכוך. כתוצאה מכך, האוגן מסוגל להעביר פחות ופחות מומנט מנוע. במקרים קיצוניים, העברת הכוח בגלגל התנופה כפול המסה מצטמצמת עד כדי כך שמומנט המנוע הניתן להעברה כבר אינו מספיק בכדי להסיע את הרכב ממקומו.

על בסיס תסמין כשל זה, לעתים קרובות מוחלף המצמד, אך הדבר אינו פותר את התקלה במקרה של פגם זה. על מנת להימנע מאבחנה לא נכונה במקרה של נזק, יש לבדוק גם את גלגל התנופה כפול המסה במהלך התיקון. אם חורי הברגים במסה הראשית והמשנית מוסטים כך שהם מונעים את הסרת הברגים של גל ארכובה, הדבר עשוי להעיד על פגם באוגן עם מצמד החיכוך (ראה אפיון נזקים 3 בעמוד 62).

3.5 דסקת בקרת החיכוך



במהלך תהליך ההתנעה, גלגל התנופה כפול המסה עובד מעט מאוד בתוך טווח תדרי התהודה. כאשר זה קורה, כנפי האוגן פוגעים שוב ושוב בקפיצי הקשת בעוצמה בלתי מרוסנת, ותוך כך מייצרים רעש. אמצעי נגד יעיל כאן הוא התקן חיכוך נוסף, דסקת בקרת החיכוך. להתקן זה יש השפעה של עיכוב סיבוב האוגן בטווח עבודה מוגדר. כתוצאה מכך, ניתן לסובב את האוגן מעבר למסה המשנית בטווח זווית המרווח (α) ללא התנגדות מורגשת. רק מחוץ לזווית המרווח, כלומר בזוויות סיבוב גדולות יותר, בא לביטוי החיכוך הנוסף. בדרך זו ניתן לבטל את הרעשים הנוצרים בעת ההתנעה או שינוי העומס.

3.6 קפיצי קשת

מערכות גלגל התנופה כפול המסה מסייעות בשיפור התנהגות הרעש של הרכב על ידי שימוש בעיצובים מיוחדים של משכך רעידות. כתוצאה ישירה מכך נוצר פחות רעש וצריכת הדלק מופחתת.

על מנת לנצל באופן אידיאלי את החלל הזמין, מותקן קפיץ סלילי עם מספר גדול של סלילים בצורה חצי מעגלית. קפיץ הקשת נמצא בתעלת הקפיץ של גלגל התנופה כפול המסה ונתמך על ידי מוביל. תוך כדי פעולה, סלילי קפיץ הקשת מחליקים לאורך המוביל ויוצרים חיכוך ובכך שיכוך. על מנת למנוע שחיקה של קפיצי הקשת, משטחי המגע מגורזים. הצורה האופטימלית של מובילי הקפיצים מסייעת להפחתת החיכוך באופן משמעותי. מלבד שיכוך הרעידות המשופר, קפיצי הקשת מסייעים בהפחתת הבלאי.

הודות למגוון העיצובים של קפיץ הקשת, ניתן לייצר מערכת גלגל תנופה כפול מסה שיתאים בדיוק למאפייני העומס הפרטניים של כל סוג רכב.

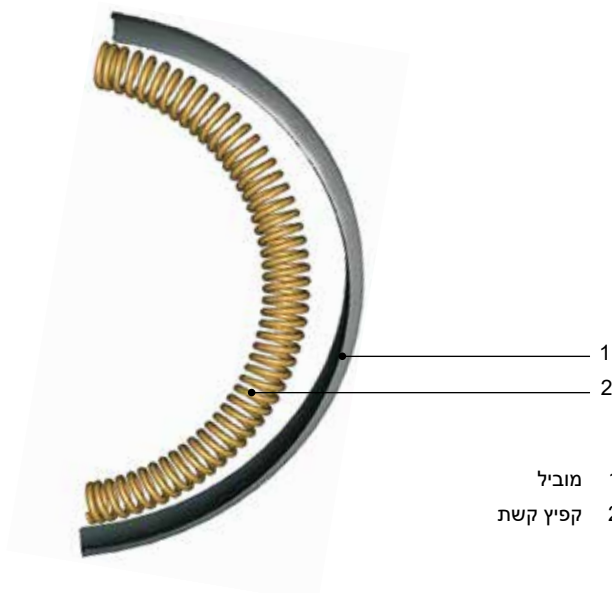
נמצאים בשימוש קפיצי קשת בעיצובים ומאפיינים שונים.

הסוגים השכיחים ביותר הם:

- קפיצים חד-שלביים
- קפיצים דו-שלביים - או בסידור מקביל באחת מהפריסות השונות, או בסידור קווי
- קפיצי שיכוך

בפועל, סוגי הקפיצים מיושמים בשילובים שונים ומגוונים.

- יתרונות קפיץ הקשת:**
- חיכוך גבוה בזווית סיבוב גדולה (תהליך ההתנעה) וחיכוך נמוך בזווית סיבוב נמוכה (הצפה)
 - כוח הפעלה נמוך יותר (ערך הקפיציות) בגלל ניצול החלל הגמיש (בהשוואה למערכות עם מספר קפיצים בודדים)
 - ניתן לשלב שיכוך פגיעה (קפיץ שיכוך)



3.6 קפיץ יחיד

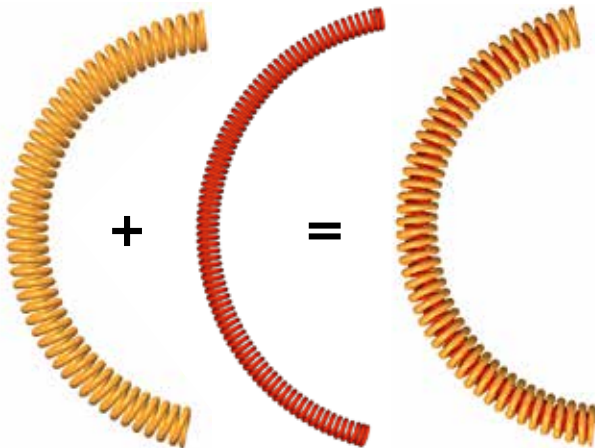
קפיץ יחיד

הגרסה הבסיסית של קפיץ הקשת היא קפיץ יחיד. הוא מאופיין בנפח הקפיץ הגדול שלו וכתוצאה מכך בקיבולת שיכור גבוהה. עם זאת, בגלל העיצוב הפשוט שלו, הוא מציע אפשרויות מוגבלות בלבד לעומת דרישות הנוחות הגוברות. מסיבה זו, כיום מכלולי גלגל התנופה כפול המסה מצוידים בקפיצים בודדים רק לעתים רחוקות.



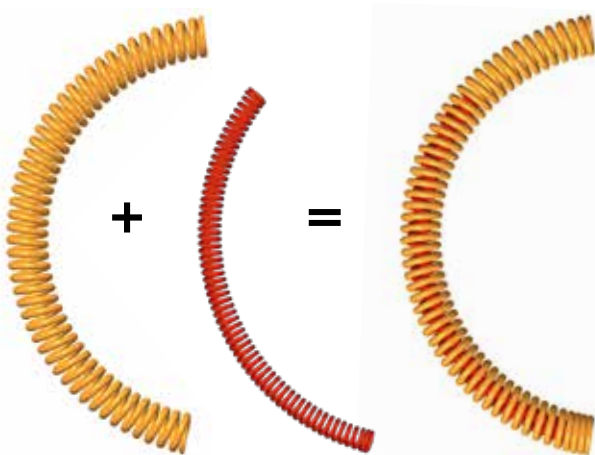
קפיץ מקביל חד-שלבי

קפיצי הקשת הנמצאים בשימוש התכוף ביותר כיום הם קפיצים מקבילים חד-שלביים. מערך כזה מורכב מקפיץ חיצוני ופנימי, באורך כמעט זהה. שני הקפיצים מסודרים במקביל. המאפיינים הפרטניים שלהם מוערמים בעקומת ערכת הקפיץ.



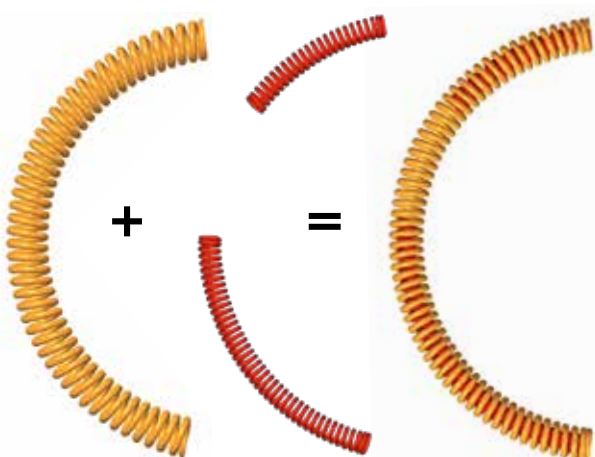
קפיץ מקביל דו-שלבי

בקפיצים מקבילים דו-שלביים מסודרים שני קפיצי קשת זה בתוך זה. הקפיץ הפנימי, בכל מקרה, קצר יותר, ולכן פועל מאוחר יותר. עקומת המתיחה של הקפיץ החיצוני מותאמת לדרישות הרכב בעת התנועת המנוע. כאן, העומס מוחל רק על הקפיץ החיצוני הרך יותר, דבר המאפשר למערכת לעבור את מהירות התהודה הקריטית במהירות רבה יותר. בטווחי המומנט הגבוהים והמקסימליים מופעל עומס גם על הקפיץ הפנימי. הקפיצים החיצוניים והפנימיים פועלים יחד בשלב השני. יחסי הגומלין של שני הקפיצים מספקים שיכור טוב בכל מהירויות המנוע.



קפיץ קשת תלת-שלבי

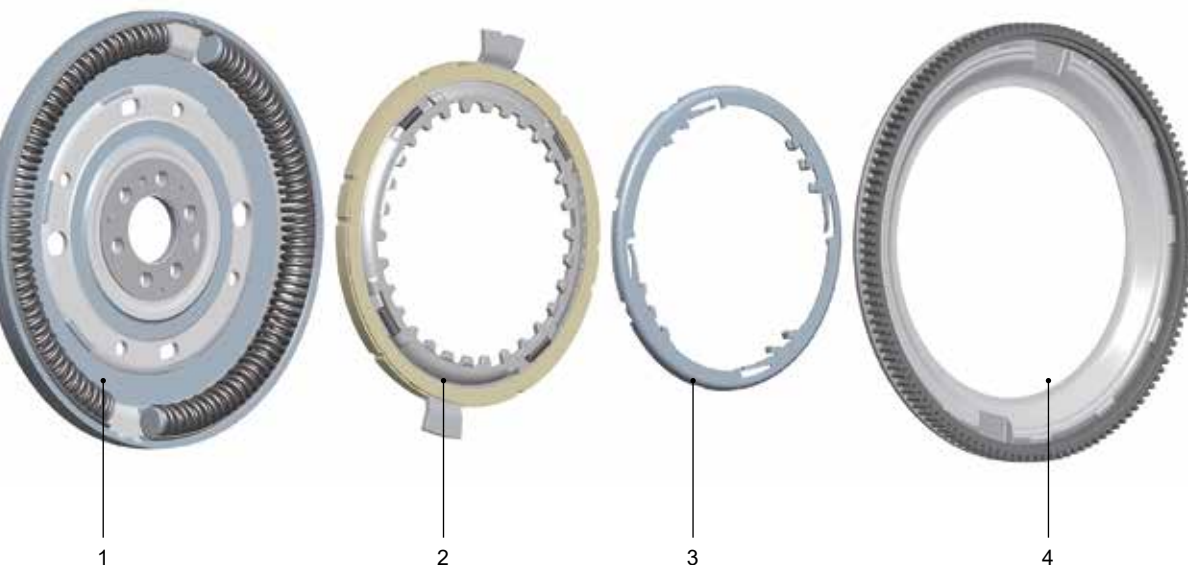
קפיץ קשת מסוג זה מורכב מקפיץ חיצוני אחד ושני קפיצים פנימיים באורכים שונים המסודרים בצורה קווית. תכנון זה משלב את היתרונות של הסיידורים המקבילים והקווים ולכן מאפשר שיכור פיתול אופטימלי בכל מומנט מנוע.



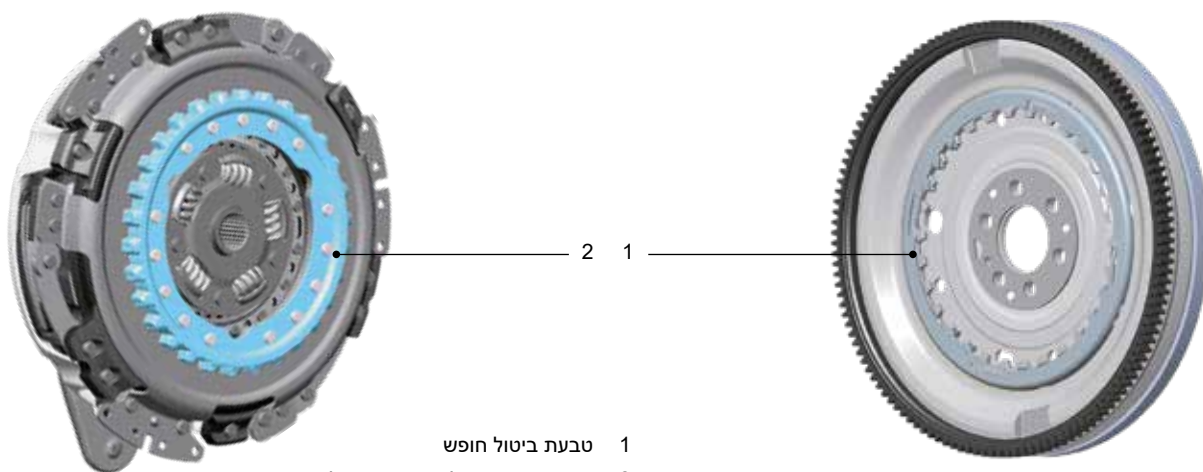
4 צורות מיוחדות של גלגלי תנופה כפולי מסה

משךר לתיבת הילוכים כפולת מצמדים (נמ"ע – נקודה מתה עליונה)

גלגל התנופה בו נעשה שימוש בתיבות המצמד הכפול הוא צורה מיוחדת של גלגל תנופה כפול מסה מתוצרת LuK. כמו בגלגל תנופה כפול המסה הקונבנציונלי בתיבות הילוכים ידניות, קיים כאן צד ראשי וצד משני. עם זאת הצד המשני, בניגוד לגלגל תנופה כפול מסה הקונבנציונלי, אינו חלק קבוע של גלגל תנופה כפול מסה, כך שאינו מעוצב כמסת גלגל תנופה אלא בצורת אוגן. הוא משמש רק כקישור בין המסה הראשית והמצמד הכפול.



- 1 מסה ראשית עם קפיצי קשת
- 2 אוגן בעל שינון פנימי לשילוב עם גלגל הצימוד של המצמד הכפול
- 3 טבעת ביטול חופש
- 4 כיסוי למסה הראשית עם טבעת שיני גלגל תנופה

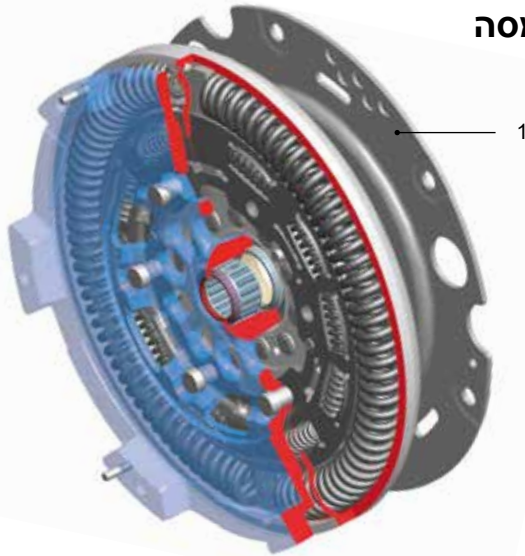


- 1 טבעת ביטול חופש
- 2 טבעת הצימוד של המצמד הכפול

מאחר ששני גלגלי השיניים המשולבים מפיקים רעש בגלל מפגש השיניים שלהן, מותקנת טבעת ביטול חופש כאמצעי נגד. התקן ייחודי זה מבצע נעילה מראש של שני גלגלי השיניים כך שאין חופש בין השיניים. בדגמים מסוימים, יש ללחוץ את טבעת הביטול החופש באמצעות כלי מיוחד לפני התקנת תיבת הילוכים.

הבדל נוסף מגלגל תנופה כפול מסה הקונבנציונלי הוא היעדר משטח חיכוך בצד המשני. גם הוא ממוקם במצמד הכפול. שם, הדסקה המרכזית נושאת את משטחי החיכוך של שני המצמדים. במקום משטח החיכוך על גלגל תנופה כפול המסה, משתמשים באוגן פנימי בעל שיניים. טבעת הצימוד של המצמד הכפול משתלבת עם אוגן זה.

4 צורות מיוחדות של גלגלי תנופה כפולי מסה



1 דסקת ההנעה

גלגל תנופה כפול מסה עם דסקת הנעה

מאז 2008 הותקן בדגמי Audi אחדים דור תיבות הילוכים חדש. ניתן לזהות תיבות הילוכים אלו לפי הסימון השונה של הדיפרנציאל.

הוא נמצא כעת מול המצמד בכיוון הנסיעה. כתוצאה מכך, יש להעביר את זרימת הכוח של גל ההינע השמאלי היישר דרך בית הפעמון באמצעות ציר אוגן. מסיבה זו, השימוש בגלגל תנופה כפול מסה קונבנציונלי אינו אפשרי עוד.

על מנת לצייד קונספט הינע זה בשיכוך אפקטיבי של גלגל תנופה, פותח גלגל התנופה כפול המסה בעל דסקת ההנעה.

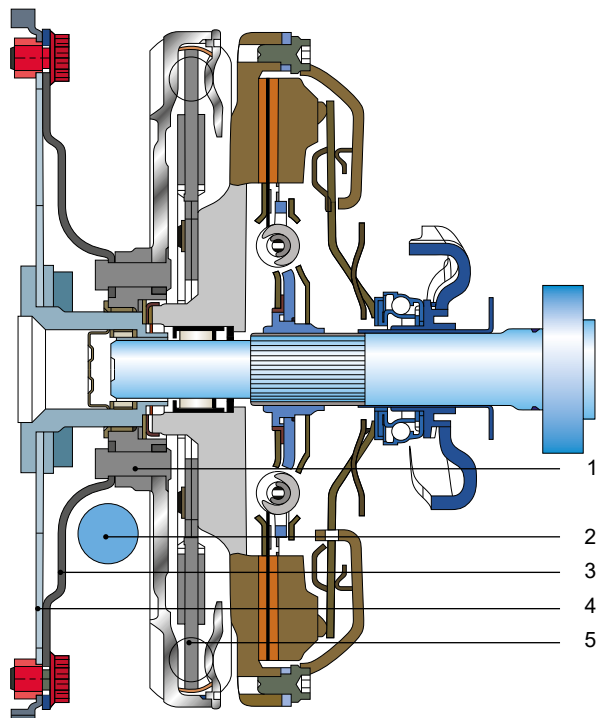
דסקת ההנעה היא דסקת מתאם העשויה מלוח פלדה, המסומרת אל גלגל התנופה כפול המסה בנקודות החיבור הרגילות.

דסקת ההנעה, כמו ממיר מומנט בתיבת הילוכים אוטומטית, מחוברת באמצעות ברגים אל הרדיוס החיצוני של הדיסקה המיועדת עבור המצמד בצד המנוע.

תפקידי דסקת ההנעה:

- היא מספקת את המרחב הנדרש עבור גל ההינע השמאלי
- היא מעבירה את מומנט המנוע באמצעות המפרק המוברג על דסקת המצמד למפרק המסומר בגלגל התנופה כפול המסה

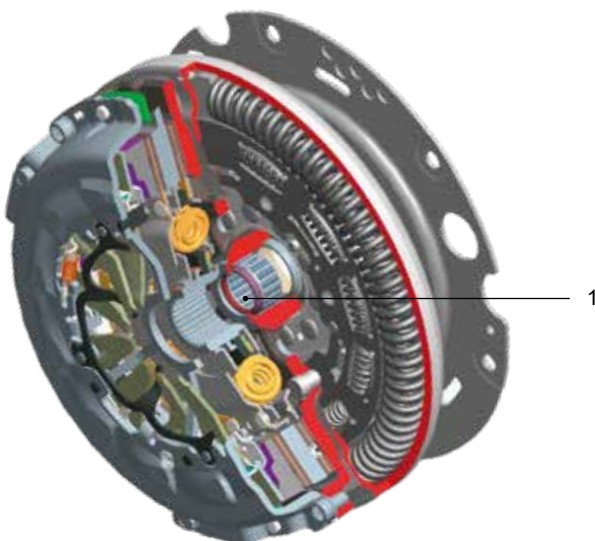
שלא כמו בגלגל התנופה כפול המסה הקונבנציונלי, למסה המשנית יש מסב מחטים על גל הכניסה לתיבת ההילוכים. התוצאה היא חלוקת משקל נוחה בין שני גלגלי התנופה. המבנה הפנימי של גלגל התנופה כפול המסה כמעט זהה לסוגים האחרים שתוארו.



- 1 מפרק מסומר
- 2 גל ההינע השמאלי של תיבת ההילוכים
- 3 דסקת ההנעה
- 4 דסקת מצמד המנוע
- 5 גלגל תנופה כפול מסה

הערה:

מידע מפורט יותר על יחידת המצמד של Audi כלול בחוברת וסרטון ווידאו נפרדים של LuK.



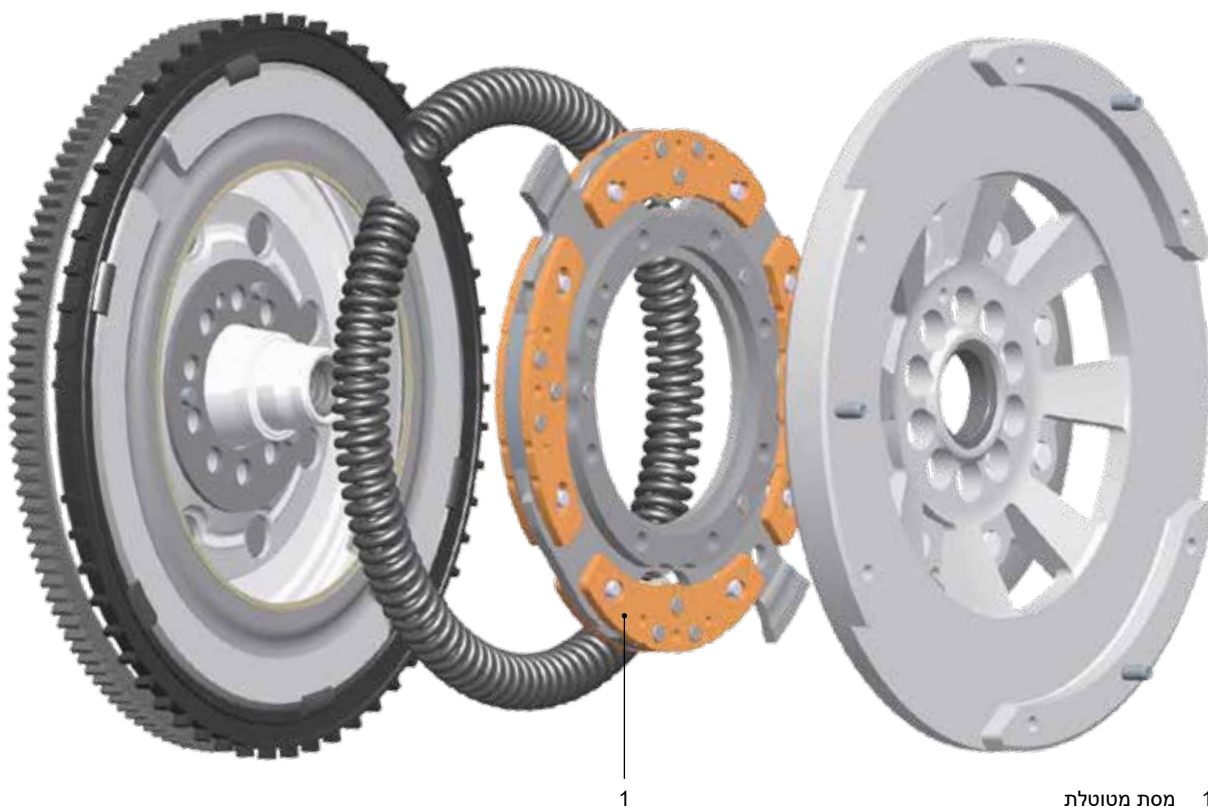
1 מסב מחטים למסה המשנית



משכך גלגל תנופה כפול מסה צנטריפוגלי

גלגל התנופה כפול מסה עם משכך רעידות מסוג מטוטלת צנטריפוגלית פותח כדי להגדיל עוד יותר את יכולת השיכור במהירויות נמוכות של המנוע. ללא שימוש בשטח התקנה נוסף, נוספה מסה נוספת (משכך מסוג מטוטלת צנטריפוגלית) לשתי המסות העיקריות ב גלגל התנופה כפול המסה. הוא מורכב משלוש או ארבע מסות מטוטלת כפולות הממוקמות על אופן גלגל התנופה כפול המסה. הן תלויות בשתי יתדות הנעות במסלולים דמויי כליה במסות המטוטלת ובאופן.

תנועת מסות המטוטלת מושפעת מתדר ההצתה של המנוע. המטוטלת, לעומת זאת, אינה ממוקמת ישירות בזרימת הכוח. כתוצאה ממומנט אינרציה, מסות המטוטלת נעות בניגוד לתנועה הראשונית ובדרך זו הן פועלות כמשככי תנועה. המשקל הכולל של מסת המטוטלת הוא 1 ק"ג בלבד.



1 מסת מטוטלת

הערה:

במהלך התקנת גלגל התנופה כפול המסה, ייתכן שהמטוטלות הצנטריפוגליות ינועו פנימה. הרעשים הנגרמים כתוצאה מתנועה זו הם נורמליים ומעידים רק על התפקוד הנכון של מסות המטוטלת.

התוצאה היא שיכור תנודות אופטימלי במומנטים גבוהים ובמהירויות מנוע נמוכות. הדבר תורם תרומה משמעותית להפחתת צריכת הדלק ופליטת CO².

4 צורות מיוחדות של גלגלי תנופה כפולי מסה

גלגל תנופה משוכך הכולל מצמד (DFC)

בעת החלפת המצמד וגלגל תנופה כפול מסה, גלגל התנופה המשוכך הכולל מצמד הוא אלטרנטיבה מוכחת לתיקון. הוא מורכב מיחידת הרכבה מכוונת ומותאמת מראש של גלגל תנופה כפול מסה, דיסק מצמד ופלטת לחץ.

הרכבה מראש של הרכיבים הבודדים במפעל חוסכת זמן רב במוסך, שכן ניתן להרכיב את גלגל התנופה כפול המסה הכולל מצמד ישירות על המנוע.

אין צורך לבצע עבודות הרכבה במצמד. יש להימנע מפעולות הגרמיות תכופות לתקלות, כגון הרכבה שגויה או שילוב של רכיבים מיצרנים שונים.



מכלול מצמד הכולל לחץ מצמד ודסקות מונעות



מסה משנית עם אוגן

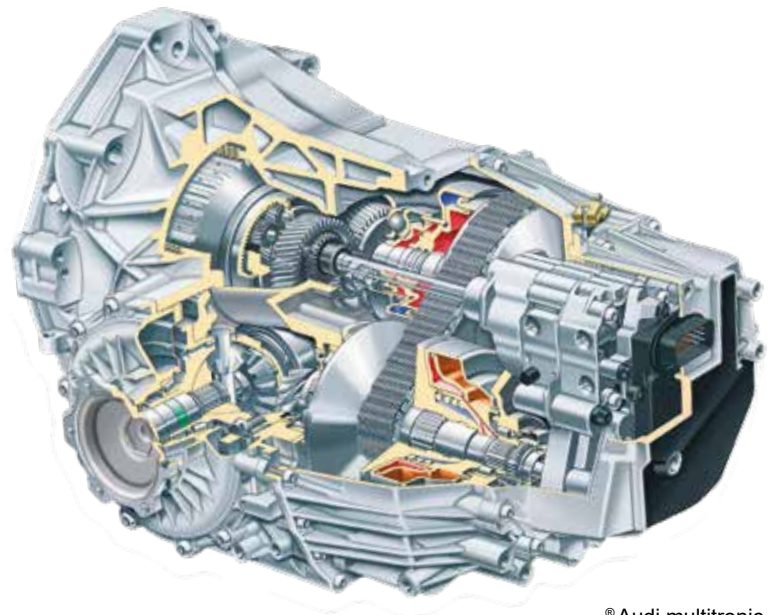


מסה ראשית

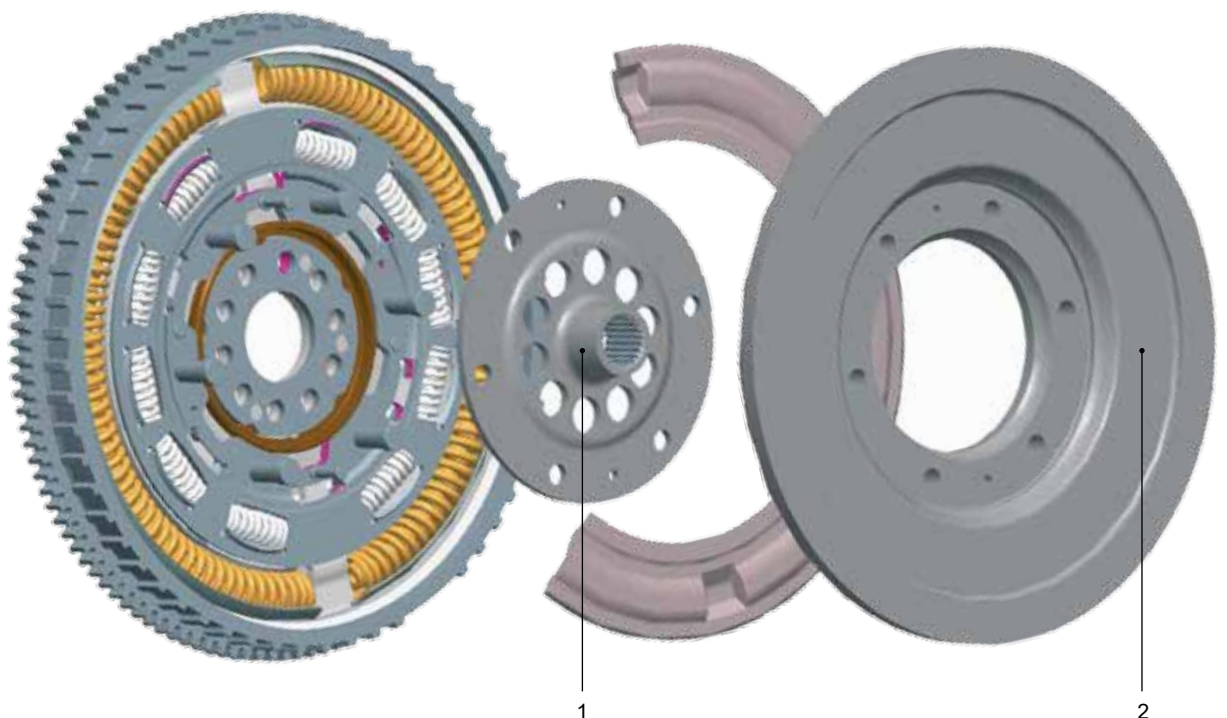


ההבדל המכריע בין עיצובי גלגלי התנופה כפולי המסה שתוארו לעיל הוא בדרך בה מועבר המומנט ממנו. הוא אינו מתרחש באמצעות משטח החיכוך של המסה המשנית או דרך שיני האוגן כמו במשך המצמד הכפול. בגלגל תנופה כפול מסה לתיבות הילוכים רציפות, מומנט המנוע מועבר ישירות דרך טבור מרכזי, המסומר לאוגן ולמסה המשנית, אל גל הכניסה המותאם לתיבת הילוכים.

גלגל תנופה כפול מסה לתיבת הילוכים רציפה (CVT)
 בתיבת הילוכים אוטומטית (פלנטרית), ממיר המומנט פועל, בין היתר, ככוח תנודות צנטריפוגלי במערכת ההינע. עם זאת, תיבות הילוכים רציפות פועלות ללא ממיר מומנט. לפיכך, השיכוך הצנטריפוגלי מסופק על ידי צורה מיוחדת של גלגל תנופה כפול מסה.



© Audi multitronic



1 טבור

2 מסה נוספת בצד המסה המשנית

5 אבחון כשלים בגלגל תנופה כפול מסה

5.1 עצה כללית לבדיקת גלגל התנופה כפול המסה

בדוק תמיד את גלגל התנופה כפול המסה בעת החלפת המצמד. גלגל תנופה כפול מסה שחוק ופגום עלול לפגוע במצמד שהותקן לאחרונה.

במקרה של תלונת לקוח, שאלות ממוקדות עוזרות בזיהוי התקלה.

- איזה רכיב לא עובד, מהי תלונת הלקוח?
- מתי התרחשה בעיה זו לראשונה?
- מתי הבעיה באה לידי ביטוי?
- מדי פעם, לעיתים קרובות, תמיד?
- באילו תנאי הפעלה מתרחשת הבעיה?
- כגון בזמן נסיעה, האצה, העלאת/הורדת הילוך, כשהרכב קר או בטמפרטורות פעולה?
- האם קשה להתניע את המנוע?
- מהי הנסועה הכוללת והשנתית של הרכב?
- האם ישנם תנאי עומס יוצאי דופן שבהם פועל הרכב?
- למשל גרירת גרור, עומס יתר, מונית, רכב צי, מורה לנהיגה, האם הוא עבר כוונון שבב?
- מהי צורת והרגלי הנהיגה?
- תנועה עירונית, נסיעה קצרה/ארוכה, נהיגה על כביש מהיר?
- האם המצמד והתמסורת היו זקוקים לתיקון מוקדם יותר?
- אם כן, באיזו נסועה ומאיזו סיבה?

בדיקת רכב כללית

- בדוק את הדברים הבאים לפני שתמשיך בתיקון:
- קודי תקלה של יחידת הבקרה (מנוע, תמסורת)
- מצב תקינות המצבר
- מצבו ותפקודו של המתנע (סטרטר)
- תוכנת מנוע (האם עבר התקנת תוכנה פיראטית)?

כיצד לטפל נכון ב גלגל תנופה כפול מסה

ההוראות שלהלן מספקות מידע חשוב על הטיפול הנכון בגלגל תנופה כפול מסה.

- אסור להתקין גלגל תנופה כפול מסה אשר נפל!
- סכנה לפגיעה במסב כדורי או מסב החלקה, טבעת חיישן מעוותת, חוסר איזון מוגבר.
- אין לבצע ליטוש ועיבוד מחדש של משטח החיכוך!
- החלשת משטח החיכוך תביא לתכונות לא מספקות למאפייני מהירות מתפרצת.
- ב גלגל תנופה כפול מסה עם מסבי החלקה, אסור להזיז את המסה המשנית בכוח מופרז (כלומר בעזרת ידית או מברג) בכיוון צירי!
- אסור לנקות את גלגל התנופה כפול המסה במכונת רחיצת חלקים, או להשתמש במנקים בלחץ גבוה, במנקי קיטור, באוויר דחוס או בתרסיסי ניקוי כלשהם.

התקנה

- מה יש לקחת בחשבון בעת התקנת גלגל תנופה כפול מסה?
- יש להקפיד על המפרט של יצרן הרכב!
- בדוק את מחזירי השמן (בצד המנוע ובצד תיבת ההילוכים) לנזילות שמן והחלף במידת הצורך.
- בדוק את טבעת שיני גלגל התנופה לגילוי נזק והתאמה.
- השתמש תמיד בברגי הידוק חדשים.
- ודא כי המרחק בין חיישני המהירות לבין פני החישה/טבעת החיישן של גלגל התנופה כפול מסה הוא נכון.
- הדבר משתנה בהתאם ליצרן הרכב.
- וודא כי שרוולי המיקום מותקנים למקומם כראוי על המנוע.
- אסור לדחוף פנימה או למשוך החוצה בלחץ את פני המיקום של גלגל התנופה כפול המסה.
- פני מיקום הנלחצים פנימה לתוך גלגל התנופה כפול המסה עלולים לחרוץ את המסה הראשית (ולגרום רעש).
- השתמש במטלית לחה ספוגה בממס כדי לנקות את משטח המגע של גלגל התנופה כפול המסה.
- אסור ששום ממס יחדור פנימה!
- הקפד להשתמש בברגי מצמד באורך הדרוש.
- ברגים ארוכים מדי עלולים לחרוץ את גלגל התנופה הראשי (ולגרום רעש) או לעצור אותו לחלוטין.
- בנוסף, המסב הכדורי עלול להיפגע ולהיעקר מהתושבת שלו.

5.2 רעש

הפניות מיוחדות

התופעות הבאות מותרות עבור חלק מיצרני ודגמי הרכב ואין להן השפעה על פעולת רכיבי המצמד:

- עקבות גריז קטנים על צידו האחורי של גלגל התנופה כפול המסה (צד המנוע) המובילים מהחורים לכיוון קצה גלגל התנופה.
- ניתן לסובב את המסה המשנית בכמה סנטימטרים כנגד המסה הראשית והיא אינה חוזרת אוטומטית למקומה המקורי.
- בגלגל תנופה כפול מסה עם דסקת בקרת חיכוך ניתן לחוש ולשמוע נקישה קשה.
- בהתאם לעיצוב, החופש הצירי בין המסה הראשית והמשנית יכול להגיע עד 6 מ"מ.
- לכל גלגל תנופה כפול מסה קיים מרווח הטיה.
- עבור מסבים כדוריים הוא יכול להגיע עד 1.6 מ"מ, ועד 2.9 מ"מ למסבי החלקה.
- אסור שהמסה הראשית והמשנית ינקשו זו בזו אף פעם!

כאשר מבצעים אבחון לגלגל תנופה כפול מסה בזמן שהוא מותקן על המנוע, חשוב תמיד לקבוע האם נפלט רעש מרכיבים סמוכים כגון מערכת הפליטה, מגיני חום, תושבות מנוע, אביזרים וכו'. בנוסף, חשוב לבדוד כל רעש הנגרם כתוצאה מאביזרי המנוע בחלקו קדמי כגון יחידות מותחני חגורה או מדחסי מזגנים. כדי לקבוע את מקור הרעש ניתן להשתמש בסטטוסקופ.

באופן אידיאלי, השווה את הרכב המדובר לרכב עם אבזור זהה או דומה.

רעש נקישה בעת שילוב או העברת הילוכים ובמהלך שינויי עומסים, יכול להיווצר במערכת העברת הכוח, ולהיגרם עקב מרווח גלגלי שיניים גדול מדי בתמסורת, חופש במפרקי גל ההינע או בדיפרנציאל.

גלגל התנופה כפול המסה אינו תקול.

כשמסירים את תיבת ההילוכים ניתן לסובב את המסה המשנית כנגד המסה הראשית.

גם כאן ניתן לזהות רעש, הנגרם כתוצאה מהאוגן הפועל בקפיצי הקשת או במסה המשנית הנוקשת כנגד דסקת בקרת החיכוך.

גם כאן, גלגל התנופה כפול המסה אינו פגום.

לרעש זמזום עשויים להיות גורמים שונים, כגון תהודה במערכת העברת הכוח או חוסר איזון של גלגל התנופה כפול המסה מעבר לגבולות המקובלים.

גלגל התנופה כפול המסה יכול לצאת מאיזון בצורה קשה אם למשל משקולות האיזון בצד האחורי חסרות או שמסב ההחלקה פגום.

ניתן לקבוע אם חוסר איזון הוא הגורם העיקרי לרעש הזמזום בצורה די פשוטה.

בזמן עמידה, הגדל את מהירות המנוע.

אם התנודות עולה ככל שעולה מהירות המנוע, גלגל התנופה כפול המסה פגום.

גם כאן מועיל להשוות את הרכב לרכב אחר בעל גרסת מנוע זהה או דומה.

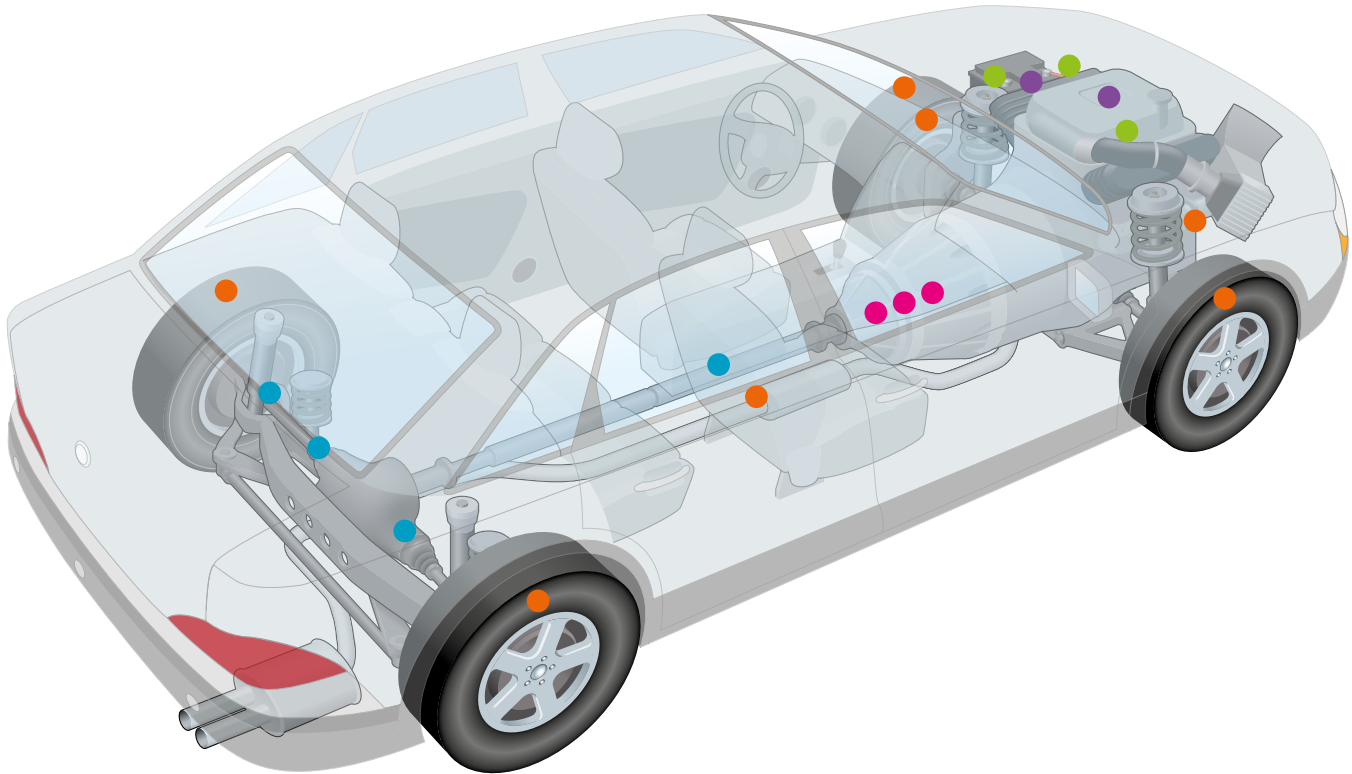
5.2 רעש

סיכום הבדיקות הכלליות במקרה של רעש

מידע נוסף לאבחון ניתן למצוא בהוראות הטכניות של LuK.

כל המידע זמין בחינם להורדה באתרים
www.schaeffler-aftermarket.com ו-
www.repxpert.com

הסיכום הבא מציין מקורות תקלות אפשריים שיוחסו בטעות לגלגל התנופה כפול המסה פגום. את ההחלטה אם יש להחליף את גלגל התנופה כפול המסה יש לקבל רק לאחר בדיקה ממצה.

● **רעש בהנעה:**

- מתח מצבר נמוך מדי
- מתנע מלוכלך/שחוק
- מסבי מנוע בלויים/פגומים

● **זמזום:**

- צמיגים, מתלים, יחידת מפלט, מסבים ו/או תיבת הילוכים שחוקים/פגומים

● **רעש בעת החלפת הילוך או עומס משתנה, צליל נקישה****בעת שילוב:**

- מערכת ההינע (ניתוק גלגלי שיניים, חופש בגל הינע מפרקי וגל מפרק אוניברסלי, דיפרנציאל ומנגנוני פיצוי שונים)

● **נקישות בעת התחלה/עצירה, הילוך סרק, האצה ו/או שיט:**

- אין או חסר שמן בתיבת ההילוכים, או שהשמן אינו מתאים
- מסב הילוך ישיר (pilot bearing) פגום (חסר התאמה זוויתית/מקביל בין המנוע לתיבת ההילוכים)
- מסב גל הכניסה לתיבת ההילוכים שחוק/פגום

● **רעש בעת התחלה/עצירה, הילוך סרק:**

- מסבי מנוע בלויים/פגומים
- מערך אביזרי קצה מנוע קדמי (גלגלת שיכור רצועת מנוע)
- ניהול מנוע (פרפר המצערת)

5.3 תוכנת מנוע פיראטית

תוכנת מנוע פיראטית היא דרך מהירה, קלה וזולה למדי להגדיל את הספק המנוע.

תמורת תשלום קטן יחסית ניתן בקלות להגדיל את הספק המנוע עד 30%.

עובדות שאינן נבחנות בדרך כלל הן האם המנוע עמיד מספיק בכדי לעמוד בתפוקות הגבוהות יותר, כגון עומס יתר תרמי, וגם אם שאר מערכת ההינע יכולה לעמוד בעליית המומנט/הביצועים.

בדרך כלל מערכת שיכון הרעידות של גלגל תנופה כפול המסה, בדיוק כמו החלקים האחרים של מערכת ההינע, מעוצבת בהתאמה למנוע אליו נועדה.

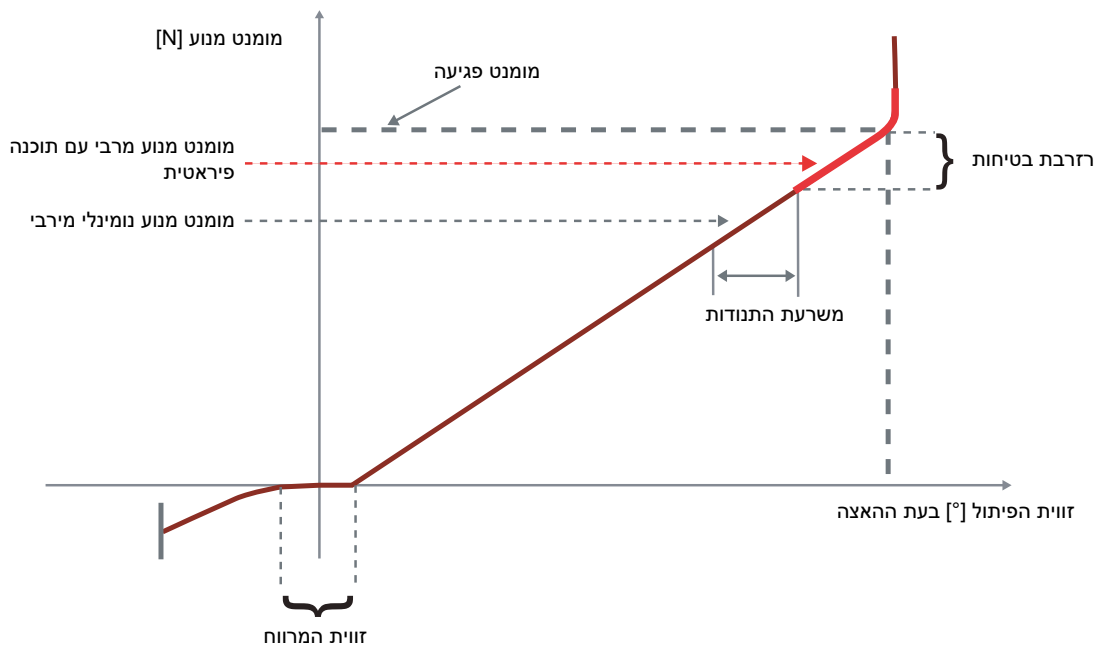
במקרים רבים מנוצלת או אף נחרגת רזרבת הבטיחות של גלגל התנופה כפול המסה, לעיתים ביותר מ-30%.

כתוצאה מכך, יתכן שקפיצי הקשת יהיו כבר דחוסים לחלוטין במהלך נהיגה רגילה, דבר המדרדר את בידוד הרעשים ויכול לגרום לרכב להיטלטל.

אם כך קורה במחצית מתדירות ההצתה, מופקים עומסים במהירות רבה מאוד ומועברים לא רק אל גלגל התנופה כפול המסה, אלא גם אל תיבת ההילוכים, דבר העלול לגרום לפגיעה בגלי ההינע והדיפרנציאל. הנזק עלול לנוע בין שחיקה מוגברת לכישלון מלא וכתוצאה מכך לחשבון תיקון ענק. נקודת ההפעלה של גלגל התנופה כפול המסה מוסטת לעבר רזרבת הביטחון שלו על ידי עליית כוח המנוע. במהלך הנהיגה, גלגל התנופה כפול המסה מועמס בקביעות בעומס יתר מהמנוע כתוצאה ממומנט המנוע הגבוה יותר. הדבר גורם לקפיצי השיכון בגלגל התנופה כפול המסה לפעול "בעומס מלא" לעתים קרובות יותר מכפי שנועדו, ועלול להרוס את גלגל התנופה כפול המסה!

נכון שרבים ממכונני עדכון ושיפור רכבים נותנים אחריות על הרכב בעת הגדלת תפוקת הכוח. אך מה קורה בתום תקופת האחריות? הגידול בהספק המנוע עלול לפגוע ברכיבים אחרים במערכת ההינע, באיטיות אך בבטחה. לעתים ייכשלו רכיבים אלו במועד מאוחר יותר (לאחר תום כל אחריות שניתנה!), ומשמעות הדבר שעלויות התיקון יוטלו על הלקוח.

עקומת קפיץ קשת - בזמן האצה (דוגמה)



חשוב!

תוכנה פיראטית ושיפור הביצועים כתוצאה מכך יגרמו לביטול האחריות של הרכב.

5.4 בדיקה חזותית/איפיון נזקים

1. דיסק מצמד

תיאור

- דיסק המצמד שרוף

גורם

- עומס יתר תרמי של דיסק המצמד מתרחש למשל, כאשר קיימת חריגה ממגבלות השחיקה

השפעה

- עומס תרמי המופעל על גלגל התנופה כפול המסה

פתרון

- בצע בדיקה חזותית לסימני שינוי צבע תרמי על גלגל התנופה כפול המסה

להערכת נזקים ראה:

- עומס תרמי נמוך/ממוצע/גבוה (עמוד 26)
- עומס תרמי גבוה מאוד (עמוד 26)



2. בין המסה הראשית והמשנית

תיאור

- שאריות שרופות של מצמד שחוק נמצאות בקצה החיצוני של גלגל התנופה כפול המסה או בחורי האוורור

גורם

- עומס יתר תרמי של דיסק המצמד

השפעה

- שאריות של חומר החיכוך שנשחקו עלולות לחדור לתעלת קפיץ הקשת ולגרום לתקלה

פתרון

- החלף גלגל תנופה כפול מסה



3. יישור המסה הראשית והמשנית

תיאור

- ברגים המוסתרים על ידי המסה המשנית
- גלגל התנופה כפול המסה נעול

גורם

- צימוד החיכוך באוגן פגום
- קפיצי קשת או אוגן פגומים

השפעה

- אין העברת כוח
- רעשים
- אין שיכוך

פתרון

- החלף גלגל התנופה כפול המסה



4. שטח חיכוך

תיאור

- חריצים

גורם

- מצמד שחוק

→ מסמרות דיסק המצמד חורצות את שטח החיכוך

השפעה

- יכולת העברת כוח מוגבלת
- המצמד אינו מסוגל לייצר את המומנט הנדרש
- נזק לשטח החיכוך של גלגל התנופה כפול המסה

פתרון

- החלף גלגל תנופה כפול מסה



5. שטח חיכוך

תיאור

- נקודות חמות כהות, מקומיות

→ לעתים כתמים רבים

השפעה

- גלגל התנופה כפול המסה נתון לעומס תרמי גבוה

פתרון

- לא נדרשים אמצעי תיקון



6. שטח חיכוך

תיאור

- סדקים

גורם

- עומס יתר תרמי

השפעה

- אובדן האמינות התפעולית של גלגל התנופה כפול המסה

פתרון

- החלף גלגל תנופה כפול מסה



5.4 בדיקה חזותית/איפיון נזקים

7. מסב כדורי

תיאור

- דליפת גריז
- המסב תפוס
- כיסוי האטימה חסר או בצבע דהוי (חום) בגלל עומס יתר

גורם

- עומס יתר תרמי או נזק מכני/עומס יתר

השפעה

- ירידה בשימון המסב
- כשל בגלגל התנופה כפול המסה

פתרון

- החלף גלגל תנופה כפול מסה



8. מסב החלקה

תיאור

- פגום או הרוס

גורם

- בלאי ו/או פגיעה מכנית

השפעה

- גלגל התנופה כפול המסה פגום

פתרון

- החלף גלגל תנופה כפול מסה



9. מסב החלקה

תיאור

- בלוי

→ ביחס לקוטר, מרווח המסב הרדיאלי המרבי עבור חלק חדש הוא 0.04 מ"מ, עם עלייה מקבילה לאורך חיי השירות שלו עד 0.17 מ"מ

גורם

- בלאי ושחיקה

השפעה

- פחות מ 0.17 מ"מ: אין
- גדול מ-0.17 מ"מ: הטיה מוגברת של גלגל התנופה המשני

פתרון

- החלף גלגל תנופה כפול מסה אם מרווח המסב גדול מ-0.17 מ"מ





10. עומס תרמי נמוך

תיאור

- צבע משטח החיכוך דהוי מעט (זהב/צהוב)
- אין כתמים בשוליים החיצוניים של גלגל התנופה כפול המסה או באזור המסמרת

גורם

- עומס תרמי

השפעה

- אין

פתרון

- לא נדרשים אמצעי תיקון



11. עומס תרמי בינוני

תיאור

- שטח החיכוך דהוי בצבע כחול בגלל עומס תרמי זמני (220°C)
- אין שינוי צבע באזור המסמרות

גורם

- שינוי צבע משטח החיכוך הוא התרחשות רגילה במהלך הפעולה

השפעה

- אין

פתרון

- לא נדרשים אמצעי תיקון



12. עומס תרמי גבוה

תיאור

- כתמים באזור המסמרות ו/או בקוטר החיצוני; אין כתמים על פני משטח החיכוך
- גלגל התנופה כפול המסה המשיך בפעולה לאחר שהתרחש עומס תרמי גבוה

גורם

- עומס תרמי גבוה (280°C)

השפעה

- בהתאם למשך העומס התרמי המופעל, גלגל התנופה כפול המסה עלול להיפגם

פתרון

- החלף גלגל תנופה כפול מסה

5.4 בדיקה חזותית/איפיון נזקים



13. עומס תרמי גבוה מאוד

תיאור

- דהייית צבע כחול/סגול בצד או בגב גלגל התנופה כפול המסה ו/או נזק ניכר, כגון סדקים

גורם

- עומס תרמי גבוה מאוד

השפעה

- גלגל התנופה כפול המסה פגום

פתרון

- החלף גלגל תנופה כפול מסה



14. דסקת בקרת החיכוך

תיאור

- דסקת בקרת החיכוך נמסה

גורם

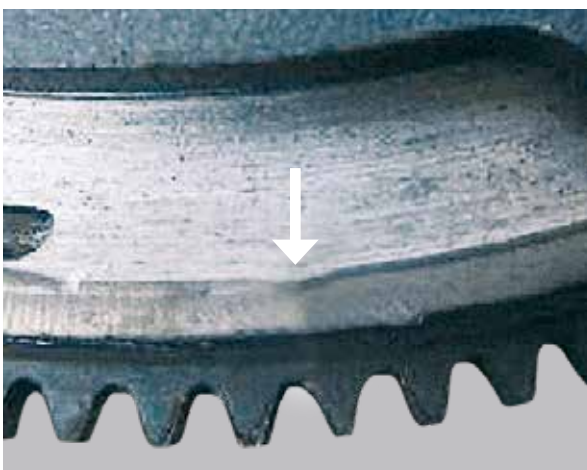
- עומס תרמי גבוה בתוך גלגל התנופה כפול המסה

השפעה

- אמינות תפעולית מוגבלת של גלגל התנופה כפול המסה

פתרון

- החלף גלגל תנופה כפול מסה



15. מסה ראשית

תיאור

- המסה המשנית חורצת את המסה הראשית

גורם

- טבעת החיכוך של מסב ההחלקה שחוקה

השפעה

- פליטת רעש או פעולת מנוע המתנע פגומה

פתרון

- החלף גלגל תנופה כפול מסה



16. זר השיניים של המתנע

תיאור

- שחיקה מוגברת על זר השיניים של המתנע

גורם

- מתנע פגום

השפעה

- רעש מתרחש במהלך התנעת המנוע

פתרון

- החלף גלגל תנופה כפול מסה
- בצע את מבחן תפקוד המתנע



17. טבעת החיישן

תיאור

- שן בזר חיישן מהירות המנוע מעוותת

גורם

- נזק מכני

השפעה

- המנוע פועל בצורה לא אחידה

פתרון

- החלף גלגל תנופה כפול מסה

5.4 בדיקה חזותית/איפיון נזקים

18. פליטת גריז קלה

תיאור

→ עקבות קלים של גריז הדולף מהפתחים או מפקקי האיטום

גורם

- עקב התכנון, מותרת דליפת גריז בכמויות קטנות

השפעה

- אין

פתרון

- לא נדרשים אמצעי תיקון



19. דליפת גריז כבדה

תיאור

- פליטת גריז מעל 20 גרם

→ פעמון תיבת ההילוכים (האוזינג) מכוסה בגריז

השפעה

- חוסר שימון של קפיצי הקשת

פתרון

- החלף גלגל תנופה כפול מסה



20. משקולות איזון

תיאור

- רופף או חסר

→ מצוין על ידי כתמי ריתוך הנראים בבירור

גורם

- טיפול לא נכון

השפעה

- גלגל התנופה כפול המסה יצא מאיזון

→ זמזום חזק

פתרון

- החלף גלגל תנופה כפול המסה



6 תיאור כלי הבדיקה של גלגל התנופה כפול המסה

זווית החופש היא הזווית בה ניתן לסובב את המסה הראשית והמשנית של גלגל התנופה כפול המסה זו כנגד זו עד להעברת עומס על קפיצי הקשת. מרווח הטיה מתרחש כאשר המסות המסתובבות של גלגל התנופה כפול המסה מתקרבות או מתרחקות זו מזו.

מבחן תפקודי של 100% כולל, בין היתר, בדיקת מאפייני קפיצי הקשת של גלגל התנופה כפול המסה בזמן הדחיסה. יש לבצע את הבדיקה במתקן בדיקה מיוחד מכיוון שלא ניתן לבצע אותה באמצעות ציוד מוסך סטנדרטי. עם זאת, כלי הבדיקה LuK DMF 400 0080 מאפשר לבצע את המדידות החשובות ביותר - זווית החופש והנדנוד - בסביבת המוסך.



בכל מקרה של ספק, החלף תמיד את גלגל התנופה כפול המסה יחד עם המצמד.

מידע נוסף לגבי התכנון, התפקוד ושיטות אבחון כשלים בגלגל התנופה כפול המסה ניתן למצוא בחוברת הטכנית של LuK וב-DVD "גלגל תנופה כפול-מסה - טכנולוגיה ואבחון כשלים".

בנוסף, הערכתך לגבי אמינות התפעול של גלגל התנופה כפול המסה צריכה להיות מבוססת על הקריטריונים הבאים:

- דליפת גריז
- מצב שטח החיכוך (למשל סימני עומס תרמי/סדקים תרמיים)
- התנהגות מבחינת רעשים
- מצב המצמד
- מצב העומס של הרכב (גרירת גרור, רכב לימוד נהיגה, מונית וכו')



מק"ט - 10 0080 400

- | | | | |
|---|-----------------------------------|---|---------------------------|
| 1 | תומך מד המהלך | 6 | מד מהלך |
| 2 | מוט מחורץ | 7 | מד מעלות |
| 3 | שומרי מרווח שיני נעילת גלגל הטבעת | 8 | שיני נעילה לזר שיני המתנע |
| 4 | מתאמים | 9 | תקליטור הוראות |
| 5 | מוט נעילה למד המעלות | | |

7 בדיקות תפקוד גלגל תנופה כפול מסה

כלי הבדיקה של LuK מאפשר לבצע את הבדיקות הבאות בגלגל התנופה כפול המסה:

- מדידת זווית החופש
- מדידת מרחק מהלך הנדנוד

בדיקות אלה בשילוב בדיקה חזותית לבדיקת פליטת גריז, העומס התרמי, מצב המצמד וכו' מאפשרות הערכה אמינה של מצבו התפעולי של גלגל התנופה כפול המסה.

זווית החופש היא הזווית בה ניתן סובב מסה ראשית ומשנית זו כנגד זו עד שיופעל עומס על קפיצי הקשת. נקודות המדידה הן שתי עצירות הקצה בכיוון הסיבוב השמאלי והימני. החופש שנמדד משמש כמדד בלאי.

זהירות:

בחלק ממכלולי גלגל התנופה כפול המסה קיימת דסקת בקרת חיכוך שניתן לחוש בה כמעצור קשה בכיוון אחד. במקרה זה יש להפעיל כוח רב יותר כדי לסובב את המסה המשנית עוד כמה מילימטרים עד שניתן להרגיש בהתנגדות קפיץ ואז לאפשר לה לחזור. פעולה זו מסובבת גם את דסקת בקרת החיכוך בגלגל התנופה כפול המסה.

המונח "נדנוד" (rock) מתאר את המרווח בין שתי מסות גלגל התנופה כפול המסה המאפשר להטות אותן לשם התקרבות והתרחקות זו מזו.

זהירות:

שים לב במיוחד לפרק 5.1 "ייעוץ כללי".

7.1 איזו בדיקה מתאימה עבור איזה גלגל תנופה כפול מסה?



במכלולי גלגל תנופה כפול מסה עם מספר זוגי של חורי הברגה לחיבור פלטת הלחץ של המצמד, ניתן להרכיב את המוט המחורץ באופן מרכזי, דבר המאפשר לקבוע את זווית החופש באמצעות מד מעלות.

מכיוון שניתן להשתמש בשיטת מדידה זו כמעט בכל סוגי גלגל תנופה כפול מסה, זו צריכה להיות השיטה המועדפת - ראה פרק 7.2.



ישנם כמה סוגים של גלגל תנופה כפול מסה עם מספר אי-זוגי של חורי הברגה עבור פלטת הלחץ של המצמד, דבר אשר אינו מאפשר את הרכבת המוט המחורץ באופן מרכזי. במקרה זה, יש למדוד את זווית החופש על ידי ספירת שיני טבעת גלגל התנופה - ראה פרק 7.3.

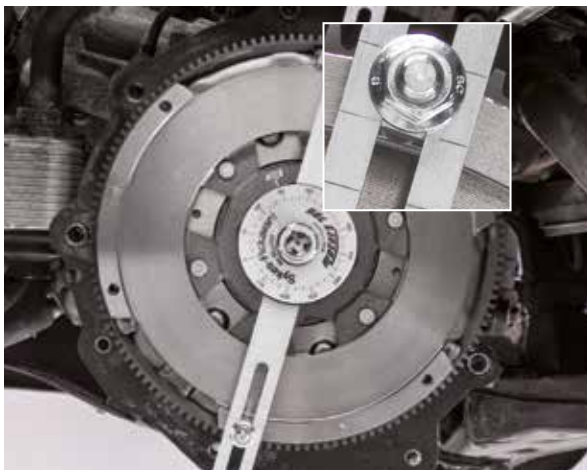
ההבחנה לעיל אינה משנה את מדידת הנדנוד - ראה פרק 7.4.

7.2 מדידת החופש באמצעות מד מעלות



1. הסר את תיבת ההילוכים והמצמד בהתאם להוראות היצרן.

2. הברג את המתאמים המתאימים (M6, M7 או M8) לשני חורי ברגי המצמד מנוגדים אנכית על גלגל התנופה כפול המסה והפעל מומנט כלפי מטה.



3. מרכז את המוט המחורץ על המתאמים בעזרת השנתות והדק את האומים.

יש להציב את מד המעלות על גלגל התנופה כפול המסה באופן ממורכז.



4. נעל את גלגל התנופה כפול המסה באמצעות שיני הנעילה, ובמידת הצורך, השתמש במרווחים המתאימים ליישור כלי הנעילה שווה על זר שיני המתנע.

אם המרחק עולה על גודל שומרי המרווח שסופקו, השתמש בדסקיות נוספות.

7.2 מדידת החופש באמצעות מד מעלות

אם ניתן לחבר את כלי הנעילה לחור רק באמצעות מיתד מותאם, השתמש בשרוול המתאם המסופק מעל המיתד.



5. הברג את מעמד החוגן לבלוק המנוע באמצעות בורג מתאים, כגון בורג תיבת הילוכים, ובמידת הצורך השתמש בשרוול המתאם בצורה דומה לכלי הנעילה.



ניתן להשתמש באותו בורג כדי להדק את שיני הנעילה ואת מעמד החוגן במידת הצורך.





6. התאם את מוט הנעילה של מד המעלות למד המעלות ולמד המרחק והדק את הבורג המחורץ.



7. השתמש בזרוע המחורצת כדי לסובב את המסה המשנית נגד כיוון השעון עד שניתן להרגיש את כוח קפיץ הקשת.

זהירות:

בחלק ממכלולי גלגל התנופה כפול המסה קיימת דסקת בקרת חיכוך שניתן לחוש בה כמעצור קשה בכיוון אחד. במקרה זה יש להפעיל כוח רב יותר כדי לסובב את המסה המשנית עוד כמה מילימטרים עד שניתן להרגיש בהתנגדות קפיץ ואז לאפשר לה לחזור. פעולה זו מסובבת גם את דסקת בקרת החיכוך בגלגל התנופה כפול המסה.



8. שחרר לאט את הזרוע המחורצת ואפשר לקפיצי הקשת להשתחרר. הגדר את מצביע מד המעלות ל-"0".

7.2 מדידת החופש באמצעות מד מעלות

9. השתמש בזרוע המחורצת כדי לסובב את המסה המשנית בכיוון השעון עד שניתן יהיה להרגיש את כוח קפיץ הקשת.



10. שחרר לאט את הזרוע המחורצת ואפשר לקפיצי הקשת להשתחרר. קרא את מד המעלות והשווה את המדידה מול הערך הנקוב - ראה טבלת הערכים הנקובים בפרק 8.



7.3 מדידת החופש על ידי ספירת שיניים שעל זר שיני המתנע



1. הסר את תיבת ההילוכים והמצמד בהתאם להוראות היצרן.

2. הברג את המתאמים המתאימים (M6, M7 או M8) לשני חורי בורג מצמד הקרובים להיות מנוגדים אנכית על גלגל התנופה כפול המסה והפעל מומנט כלפי מטה.



3. מרכז את המוט המחורץ על המתאמים בעזרת השנתות והדק את האומים.

מכיוון שיש מספר אי-זוגי של חורי הברגה למצמד, לא ניתן להצמיד את הזרוע המחורצת באופן מרכזי על גלגל התנופה כפול המסה.



4. נעל את גלגל התנופה כפול המסה באמצעות שיני הנעילה, ובמידת הצורך, השתמש בשומרי מרווח מתאימים ליישור כלי הנעילה בשווה לטבעת שיני גלגל התנופה.

אם המרחק עולה על גודל שומרי המרווח שסופקו, השתמש בדסקיות נוספות.

7.3 מדידת החופש על ידי ספירת שיניים שעל זר שיני המתנע



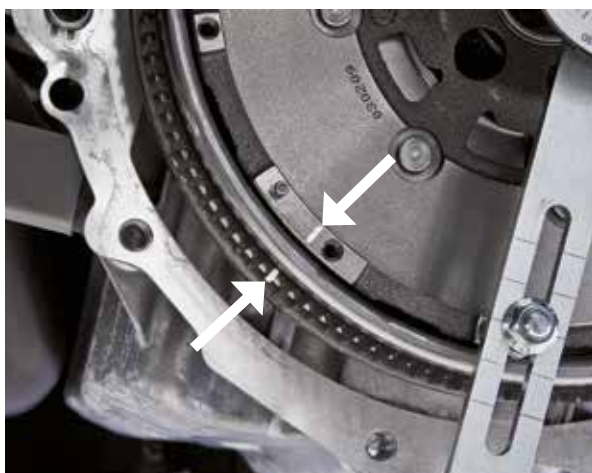
אם ניתן לחבר את כלי הנעילה לחור רק באמצעות מיתד מותאם, השתמש בשרוול המתאם המסופק מעל המיתד.



5. השתמש בזרוע המחורצת כדי לסובב את המסה המשנית נגד כיוון השעון עד שניתן להרגיש את כוח קפיץ הקשת.

זהירות:

בחלק ממכלולי גלגל התנופה כפול המסה קיימת דסקת בקרת חיכוך שניתן לחוש בה כמעצור קשה בכיוון אחד. במקרה זה יש להפעיל כוח רב יותר כדי לסובב את המסה המשנית עוד כמה מילימטרים עד שניתן להרגיש בהתנגדות קפיץ ואז לאפשר לה לחזור. פעולה זו מסובבת גם את דסקת בקרת החיכוך בגלגל התנופה כפול המסה.

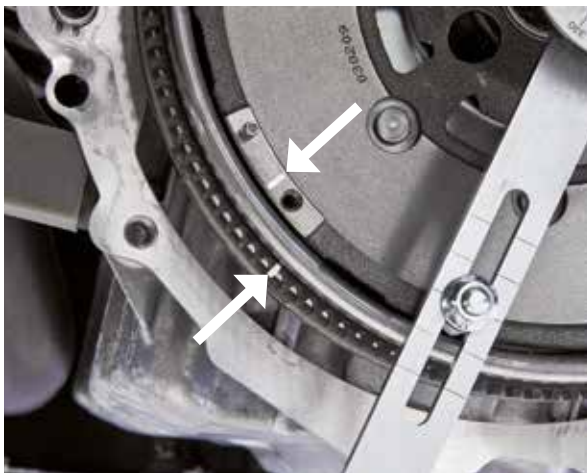


6. שחרר לאט את הזרוע המחורצת ואפשר לקפיצים להשתחרר.

סמן את המסה המשנית והמסה הראשית/זר שיני המתנע באמצעות קו.



7. סובב את המסה המשנית בכיוון השעון עד שניתן יהיה להרגיש את כוח קפיץ הקשת.
שחרר לאט את הזרוע המחורצת ואפשר לקפיצי הקשת להשתחרר.



8. ספור את מספר השיניים של זר שיני המתנע בין הסימון המקורי למיקומו הנוכחי והשווה עם הערך הנקוב - ראה טבלת הערכים המדורגים בפרק 8.

7.4 מדידת נדנוד

1. חבר את מד המרחק והזרוע אל מעמד מד המרחק.



2. מרכז את מד המרחק במתאם וכוון אותו אל העומס מוקדם הנדרש.

זהירות:

יש לבצע את המדידה בעדינות. הפעלת כוח רב מדי תביא למדידות לא מדויקות ועלולה לפגוע בגלגל התנופה כפול המסה.



3. דחף בעדינות את הזרוע המחורצת לכיוון המנוע (כגון בעזרת האגודל) עד שניתן להרגיש התנגדות.

שמור את הזרוע המחורצת במצב זה תוך הגדרת מד המרחק ל-"0".





4. משוך את הידית בעדינות בכיוון ההפוך (כגון בעזרת האצבע)
עד שניתן להרגיש התנגדות.
קרא את נתוני מד המרחק והשווה את המדידה מול הערך
הנקוב הרלוונטי - ראה טבלת הערכים המדורגים בפרק 8.

8 ברגים עבור מכלולי גלגל תנופה כפול מסה וגלגל התנופה כפול המסה הכולל מצמד

מהסיבות שצוינו לעיל, מספקת Schaeffler Automotive Aftermarket GmbH & Co. KG מכלולי גלגל התנופה כפול המסה /גלגל תנופה כפול מסה הכולל מצמד שלמים עם הברגים הדרושים, ומציעה בנוסף גם ערכות ברגים אותן ניתן להזמין בנפרד.

מדוע לא כל מכלולי גלגל התנופה כפול המסה מסופקים עם הברגים הדרושים?

הברגים הנדרשים כבר מסופקים כחלק מכ-350 פריטים שונים המרכיבים את טווח המסירה. עם זאת, עבור מכלולי גלגל תנופה כפול מסה רבים, דרושים ברגים שונים בהתאם לדגם הרכב.

מסיבה זו, לכל מכלול גלגל התנופה כפול המסה יש קוד הפניה/הזמנה משלו, אשר מציין אם הברגים כלולים במשלוח או לא.

במקרים בהם הברגים אינם כלולים במשלוח מכלול ה- גלגל התנופה כפול המסה, חברת Schaeffler Automotive Aftermarket GmbH & Co. KG מציעה ערכות ברגים המתאימות לרכב בו ייעשה שימוש בגלגל תנופה כפול מסה.

היכן אוכל למצוא מידע בנושא זה?

כל מכלולי גלגל התנופה כפול המסה /גלגל תנופה כפול מסה הכולל מצמד הזמינים למכירה מופיעים בספרות המכירות הרגילה שלנו (קטלוג מקוון, RepXpert, CD, קטלוג Schaeffler, קטלוג מודפס) ומקושרים לרכבים המתאימים. ניתן למצוא שם גם ערכות של ברגי גלגל תנופה כפול מסה שיש להזמין בנפרד.

תוכל למצוא את המומנטים הדרושים לרכבים ספציפיים בקטלוג המקוון של TecDoc, ומידע התיקון זמין בכתובות www.schaeffler-aftermarket.com ו- www.repxpert.com.



החלפה מקצועית של מכלולי גלגל תנופה כפול מסה או גלגל תנופה כפול מסה קומפקטי הכולל מצמד צריכה לכלול גם שימוש בברגים חדשים.

מדוע יש להחליף את ברגי ה-גלגל התנופה כפול המסה /גלגל תנופה כפול מסה הכולל מצמד ?

עקב עומסים רציפים, חזקים ומתחלפים, משתמשים בברגים מעוצבים במיוחד להידוק גלגלי התנופה. לרוב אלו הם ברגי מתיחה או ברגים עם מיקרו-אנקפסולציה. לברגי מתיחה יש ציר נגד עייפות החומר המכסה רק כ-90% מקוטר ליבת ההברגה.

כאשר הוא מהודק למומנט שצוין על ידי יצרן הרכב (במקרים מסוימים בתוספת ערך זוויתי קבוע), בורג המתיחה הופך לבורג אלסטי.

המומנט שנוצר גדול מהכוח החיצוני הפועל על גלגל התנופה במהלך הפעולה. הגמישות של בורג המתיחה פירושה שניתן למתוח אותו עד לגבול האלסטי.

ברגי קיבוע רגילים, מכיוון שאינם מצויידים בתכונות אלו, ישברו לאחר פרק זמן מסוים בגלל עייפות החומר, גם אם הם בעלי עיצוב חזק.

ברגים עם מיקרו-אנקפסולציה (אלה יכולים להיות גם ברגי מתיחה) אוטמים את תא המצמד מתא גל הארכובה המלא בשמן מנוע.

הדבר הכרחי מכיוון שחורי ההברגה באוגן גל הארכובה פתוחים לתיבת הארכובה.

ציפויים אלה גם בעלי תכונות הדבקה ואחיזה, ובכך מבטלים את הצורך בהתקני אחיזה נוספים לבורג.

אסור להשתמש שוב בברגים שכבר נעשה בהם שימוש. הניסיון הוכיח כי אלו נשברים כאשר מהדקים אותם. בנוסף, תכונות האיטום והאחיזה שלהם אינן יעילות עוד.

9 ערכים נקובים

הערכים הנקובים עבור זווית החופש והנדנוד משתנים בהתאם לסוג גלגל התנופה כפול המסה.
מידע מפורט זמין ב-DVD זה, ב-DMF DataWheel או באינטרנט בכתובת:

www.schaeffler-aftermarket.com

(עבור אל שירותים, כלים מיוחדים, כלי FMD מיוחד \
[Services, Special tools, DMF special tool]).

או www.repxpert.com

טבלאות הערך הנקוב באינטרנט מתעדכנות על בסיס קבוע כך שיכללו מכלולי גלגל התנופה כפול המסה /גלגל תנופה כפול מסה הכולל מצמד חדשים.

