



**SKYACTIV
TECHNOLOGIE
SPECIFICATIES**

10 juni 2011

SkyActiv Technologie Specificaties 2011

1. SkyActiv Technologie: grensverleggend.....	3
2. Introductie.....	9
3. Mazda's 'Duurzame Zoom-Zoom' strategie.....	11
4. SkyActiv technologieën.....	14
5. SkyActiv-G benzinemotor.....	17
6. SkyActiv-D dieselmotor.....	21
7. SkyActiv-Drive automatische versnellingsbak.....	25
8. SkyActiv-MT handgeschakelde versnellingsbak.....	27
9. SkyActiv-Body & SkyActiv Chassis.....	29

Dit persdossier en alle foto's kunnen worden gedownload
van de perswebsite van Mazda Motor Nederland:
www.mazda-press.nl

1. SkyActiv Technologie: grensverleggend

Motoren, versnellingsbakken, carrosserieën en chassis: Mazda's geheel nieuwe gamma SkyActiv technologieën is ontworpen om de efficiëntie en duurzaamheid van de nieuwe generatie auto's van de onderneming te verhogen en tegelijkertijd de veiligheid te verbeteren en het rijplezier te verhogen.

Innovatie is het kloppende hart van SkyActiv, gericht op een optimale verbranding en lichtgewicht engineering. Aangezien al deze technologieën in alle nieuwe generatie Mazda's gebruikt gaan worden, dus niet alleen in dure 'groene' uitvoeringen, zullen alle kopers van een nieuwe Mazda hiervan profiteren.

SkyActiv-G benzinemotor: de zoektocht naar de ideale verbrandingsmotor

Een hele verzameling nieuwe technologieën heeft zijn weg gevonden naar de nieuwe, hoogefficiënte direct ingespoten SkyActiv benzinemotor. Hij is uitermate krachtig maar toch opmerkelijk zuinig, tilt compressie naar een hoger niveau en lost alle problemen op die het gebruik van een hoge compressie tot nu toe in de weg stonden. Deze onorthodoxe benadering is kenmerkend voor Mazda's unieke manier van engineering.

Belangrijkste feiten:

- Uitzonderlijk hoge compressieverhouding van 14 : 1;
- Een 4-2-1 uitlaatsysteem, speciale holle zuigerkoppen, multipointinjectie en andere innovaties liggen ten grondslag aan

deze bijzondere compressieverhouding en voorkomen onregelmatige verbranding (pingelen);

- Fictie binnen de motor met 30 % teruggebracht;
- Continu sequentiële kleptiming (S-VT) bij de in- en uitlaat om vermogensverlies te minimaliseren;
- Gewichtsbesparing: gewicht van de motor met 10 % teruggebracht;
- Ongeveer 15 % lager brandstofverbruik en CO₂-uitstoot in vergelijking met de huidige Mazda 2.0 liter benzinemotor;
- Ongeveer 15 % meer koppel bij lage en middelhoge toerentallen.

SkyActiv-D dieselmotor: veel koppel & schone verbranding

Schoon, hoogtoerig, soepel en leuker dan ooit te voren: Mazda heeft de grens verlegd voor dieselkracht met de SkyActiv-D. De compressieverhouding vervult ook hier de hoofdrol, want wederom werden interne processen opnieuw onderzocht. Het resultaat: efficiënte kracht die zonder speciale NO_x-nabehandelingssystemen toch aan de hoogste milieueisen voldoet.

Belangrijkste feiten:

- Ongeveer 20 % minder brandstofverbruik (in vergelijking met de huidige 2.2 liter CiTD common rail turbodieselmotor) dankzij de bijzonder lage compressieverhouding van 14 : 1, wat leidt tot een langere expansiefase na verbranding;
- Variabele lichthoogte van de uitlaatklep voor interne uitlaatgasrecirculatie zorgt voor stabiele verbranding na een koude start;

- Tweetrapsturbo zorgt voor een sterke en stabiele reactie van de motor bij lage en hoge toerentallen (tot aan de limiet van 5.200 t/min);
- 10 % lichter dan de huidige 2.2 liter CiTD;
- Frictie verminderd met 20 %;
- Zeer efficiënt Mazda dieselpartikelfilter met 'active ceramic';
- Voldoet aan Euro6, Tier II Bin 5 (in de VS) en Post New Long-Term Emission Regulations (in Japan) zonder dure NO_x-nabehandelingen.

SkyActiv-Drive automatische versnellingsbak

Een soepele, levendige, leuke, maar toch zuinige automatische versnellingsbak: Mazda's SkyActiv-Drive is ontworpen om de beste automatische prestaties en efficiëntie te leveren, zelfs bij een dieselmotor met veel koppel.

Belangrijkste feiten:

- Unieke technologie combineert de voordelen van continue variabele transmissies (CVT), versnellingsbakken met dubbele koppelingen en conventionele automatische versnellingsbakken;
- Nieuwe koppeling met betere lock-up beschikt over een extra breed bereik over alle zes versnellingen, 'full range direct drive' genaamd, levert zo het directe rijgevoel van een handgeschakelde versnellingsbak en vermindert het brandstofverbruik met maximaal 7 % in vergelijking met huidige automatische versnellingsbakken;

- Snel en soepel schakelen dankzij de nieuwe elektromechanische module;
- Krachtige, geleidelijke acceleratie vanuit stilstand;
- Leverbaar voor zowel de SkyActiv-G als SkyActiv-D motoren.

SkyActiv-MT handgeschakelde versnellingsbak

Lichter, kleiner en efficiënter: Mazda ontwierp de innovatieve nieuwe SkyActiv-MT handgeschakelde zesversnellingsbak om het brandstofverbruik te verminderen zonder aan rijplezier in te boeten. Het snelle en nauwkeurige schakelgevoel van Mazda's legendarische MX-5 roadster diende als inspiratiebron.

Belangrijkste feiten:

- Geoptimaliseerd voor auto's met voorin geplaatste motor en voorwielaandrijving; eenvoudig en licht schakelen zoals in een MX-5;
- Significant kleiner en lichter dankzij een nieuw ontwerp;
- Efficiënter in de auto te plaatsen dankzij compactheid;
- Verminderd brandstofverbruik dankzij minder interne wrijving.

SkyActiv-Body

Sterker en veiliger en toch lichter ? Mazda's engineers gingen terug naar de tekentafel om de SkyActiv-Body te ontwerpen die een lichtgewicht constructie combineert met sterke materialen en nieuwe, efficiëntere structuren.

Belangrijkste feiten:

- Gewicht met 8 % teruggebracht dankzij een nieuw ontwikkelde constructie, betere verbindingsmethoden en meer gebruik van staal met hoge treksterkte;
- Verbeterde rijdynamiek dankzij de 30 % stijvere 'rechte constructie' en 'ononderbroken' structuur (ringstructuur) voor de onderdelen van het frame;
- Modulaire constructie verhoogt de productie-efficiëntie, met besparingen die uiteindelijk naar de klant toe worden doorberekend;
- Uitstekende passieve veiligheidsprestaties door kreukelzones opnieuw te ontwerpen met 'multi-load paths' en staal met hoge treksterkte.

SkyActiv-Chassis

Mazda komt met een chassis dat souplesse combineert met rijcomfort en stabiliteit, wanneer van de auto het uiterste wordt gevraagd. Het SkyActiv-Chassis zorgt ook voor superieure stijfheid met een licht ontwerp. De bestuurder is één met de auto.

Belangrijkste feiten:

- 'Jinba Ittai'-achtig gevoel van eenheid tussen auto en bestuurder, geïnspireerd op het rijgedrag van de MX-5 en een hoog rijcomfort;
- Betere rijeigenschappen bij alle snelheden (soepel bij lage en normale snelheden, stabiel op hoge snelheden) dankzij complete herziening van onder andere de bevestigingspunten

van de achterwielophanging, posities van de draagarmrubbers, onderdelen van de stuurinrichting en geometrie;

- Nieuw ontwikkelde wielophanging met veerpoten vóór en multilink achteras zorgen voor superieure stijfheid en lichtheid (het chassis is 14 % lichter).

2. Introductie

'The sky is the limit'. Deze gevleugelde uitspraak staat voor een nieuwe generatie technologieën van Mazda en symboliseert een nieuw tijdperk voor de onderneming. Anders dan bij andere merken voegt Mazda altijd één sleutelingrediënt toe aan zijn unieke manier van engineering: rijplezier. Het hoofddoel van Mazda's engineers tijdens de ontwikkeling van de SkyActiv technologieën was om de efficiëntie van alle nieuwe generatie auto's te verhogen (het brandstofverbruik en de CO₂-uitstoot dus te verlagen) en tegelijkertijd ook de veiligheid te verbeteren en het rijplezier te verhogen. Ze zijn er in geslaagd om deze soms tegenstrijdige doelen te verenigen met een compleet nieuw gamma SkyActiv motoren, versnellingsbakken, carrosserieën en chassis dat zijn weg zal vinden naar de nieuwe generatie modellen van Mazda, die vanaf 2012 gelanceerd zal worden in Europa.

Verbrandingsmotoren zullen meer dan 80 % van de auto's aandrijven in 2020. Vandaag de dag beschikken zij over een efficiëntie van slechts 30 %, dus er is nog veel ruimte voor verbetering. De ingenieurs van Mazda richtten zich op verbrandingsmotoren met slechts één doel: de ideale verbranding. Hierin ligt de basis voor de nieuwe generatie auto's van Mazda: SkyActiv technologieën in alle Mazda's en niet alleen in dure 'groene' uitvoeringen. Dit onderstreept de compromisloze toewijding van het bedrijf aan het verbeteren van milieuvriendelijkheid, zuinigheid, veiligheid en rijdynamiek.

Eén van Mazda's kerndoelen is om persoonlijke mobiliteit milieuvriendelijk te maken en tegen een prijs die voor een groot gedeelte van het publiek toegankelijk is. Dit is ook waarom binnen Mazda het vergroten van de efficiëntie van verbrandingsmotoren de

hoogste prioriteit heeft. Het R&D personeel in Hiroshima is er van overtuigd dat je dit het beste kan bereiken door middel van significante verbeteringen aan de processen binnen deze conventionele motoren om zo stap voor stap het verbruik van fossiele brandstoffen te verminderen.

Verbrandingsmotor: ook in 2020 de basis voor mobiliteit

Veel merken concentreren zich op hybrideaandrijving op de middellange termijn en volledig elektrische auto's op de lange termijn. Bij Mazda is dat niet anders, aangezien we al 20 jaar aan hybride en volledig elektrische auto's werken. Sterker nog, een elektrische versie van de Mazda2 zal dit jaar in beperkte oplage aangeboden worden in Japan als onderdeel van een leaseprogramma. Dit elektrische Mazda2-project zal waardevol inzicht bieden in elektrische aandrijving en het gebruik van elektrische auto's. Maar zelfs als de optimistische vooruitzichten blijken te kloppen, dat ongeveer 23 % van alle auto's in 2020 elektrisch wordt aangedreven, dan hebben de meeste mensen nog steeds een auto met een verbrandingsmotor.

Volgens een onderzoek uit 2010 van Eurotax zullen er in Duitsland in 2020 jaarlijks ongeveer 250.000 tot 375.000 elektrische auto's verkocht worden. Dat is een marktaandeel van slechts 10 %. Voeg daar nog eens 200.000 benzine- en dieselhybrides aan toe en het onderzoek komt tot de conclusie dat auto's die alleen door benzine of diesel worden aangedreven over 10 jaar nog steeds 80 % van de markt zullen beheersen. En de CO₂-uitstoot van verbrandingsmotoren zal lager zijn dan die van elektrische auto's zolang deze hun stroom krijgen uit niet-duurzame energiebronnen.

3. Mazda's 'Duurzame Zoom-Zoom'-strategie

In 2007 definieerde Mazda zijn 'Duurzame Zoom-Zoom'-strategie, waarin staat dat alle auto's van Mazda wereldwijd 30 % efficiënter moeten worden in 2015 (in vergelijking met 2008). Dit komt overeen met een 23 % afname in brandstofverbruik en dus CO₂-uitstoot.

Dit ambitieuze doel zal worden geïmplementeerd met behulp van Mazda's Bouwstenenstrategie, wat inhoudt dat elektrische hulpsystemen stap voor stap geïntroduceerd zullen worden bij SkyActiv verbrandingsmotoren.

Mazda's eigen 'i-stop'-technologie (start-stop-systeem), geïntroduceerd in 2009, is een stap op weg naar de allesomvattende optimalisatie van deze onderliggende technologie. Alle SkyActiv benzine- en dieselmotoren in Europa zullen worden uitgerust met i-stop. Meer elektrische onderdelen zullen volgen. Een voorbeeld, momenteel in ontwikkeling bij Mazda, is een regeneratief remsysteem ontworpen om energie terug te winnen tijdens het afremmen. Wat betreft hybrides is Mazda een samenwerkingsverband aangegaan met Toyota om Toyota's hybridetechnologie te combineren met SkyActiv motoren (zie kader). Deze individuele ontwikkelingen zijn de ingrediënten van het SkyActiv concept. De verwachte afname in brandstofverbruik en CO₂-uitstoot in 2015 zou anders alleen mogelijk zijn als de helft van alle nieuwe auto's van Mazda hybrides of bijna een kwart volledig elektrisch zou zijn.

‘Monotsukuri Innovatie’

Innovatieve processen, innovatief produceren

In 2007, nog vóór de introductie van SkyActiv, begon Mazda met de reorganisatie van alle processen die komen kijken bij het maken van auto's, van R&D tot productie. Deze aanpak, Monotsukuri Innovatie genaamd, geldt voor het hele bedrijf en is gebouwd rondom een gedeelde conceptarchitectuur en een flexibel productieconcept gebaseerd op ‘Bundled Product Planning’. Monotsukuri heeft geleid tot doorbraken op het gebied van diversificatie (om aan de wensen van verschillende klanten te voldoen) en standaardisatie van onderdelen voor meer efficiëntie. Zo kan Mazda technologieën van hoge kwaliteit inzetten over een breder gamma en kan het sneller reageren op veranderingen in de markt. Monotsukuri Innovatie zorgt voor veel kostenbesparingen die uiteindelijk de klant ten goede komen.

Mazda hybridetechnologie in samenwerking met Toyota

Toyota Motor Corporation en Mazda Motor Corporation hebben in 2010 een overeenkomst gesloten waaronder Mazda onder licentie gebruik mag maken van de hybridetechnologie bekend van de Prius.

Mazda is van plan het hybridesysteem te combineren met zijn volgende generatie SKYACTIV motoren om zo een hybride te ontwikkelen en produceren in Japan. Mazda heeft tot doel gesteld om in 2013 in Japan met de verkoop van hybrides te beginnen.

- / -

- / -

Geavanceerde verbrandingsmotoren voor een zuinige Zoom-Zoom-hybride

Net zoals andere merken wil ook Mazda hybrides gaan leveren op de middellange termijn, vanaf 2013 in Japan. Echter, het merk heeft een andere richting gekozen wat betreft ontwikkeling dan de concurrentie. Wederom vormen verbeterde SKYACTIV verbrandingsmotoren de basis.

De efficiëntie van hedendaagse motoren neemt sterk af naarmate er minder van de motor gevraagd wordt bij lagere snelheden. Hybrides zijn zo zuinig omdat de verbrandingsmotor gebruikt wordt in zijn efficiëntste bereik om elektriciteit op te wekken, die, samen met regeneratieve energie, de auto bij lagere snelheden aandrijft. Echter, hoe breder het inefficiënte bereik van de verbrandingsmotor, des te groter moeten de elektrische motor en accu zijn om dit op te vangen.

Vanwege zijn efficiëntie over een breed bereik is de combinatie van een SKYACTIV verbrandingsmotor met een elektrische motor effectiever en zorgt het zo voor een Zoom-Zoom-hybride met een lichtere elektromotor en accu. Zo kan regeneratief remmen de bulk van het opladen van de accu voor zijn rekening nemen.

4. SkyActiv technologieën

De SkyActiv technologieën zullen in 2012¹ in Europa gelanceerd worden in een nieuwe generatie modellen met nieuwe motoren, versnellingsbakken, carrosserieën en chassis. Te allen tijde heeft Mazda zijn 'doorbraak'-benadering toegepast. Deze benadering behelst het oplossen van technische tegenstrijdigheden - zoals het tegelijkertijd verbeteren van de veiligheid, rijdynamiek en het brandstofverbruik - om zo de onderliggende technieken in nieuwe generaties producten te blijven verbeteren.

De ideale verbrandingsmotor volgens Mazda

Daarom vindt Mazda zijn eigen weg gebaseerd op de lange traditie van inventiviteit bij zijn eigen R&D-centra. Waarom doet Mazda nooit rustig aan? Omdat zelfs na 120 jaar non-stop ontwikkeling de verbrandingsmotor nog steeds 70-90 % van de energie die in de brandstof zit niet gebruikt. Omdat deze verloren energie hoofdzakelijk uit warmte bestaat die via de oppervlakten van de uitlaat, het koelsysteem, de motor en versnellingsbak verdwijnt, lag de focus op het verbeteren van de thermische eigenschappen van de motor. Verder heeft Mazda zich ook gericht op het verminderen van wrijving binnen de motor, evenals het gewicht van de motor.

¹ Op andere markten zullen al in 2011 modellen worden geïntroduceerd die beschikken over sommige SkyActiv technologieën: de Mazda Demio/Mazda2, bijvoorbeeld, zal in Japan gelanceerd worden met een 1.3 liter SkyActiv benzinemotor en de Mazda3 zal later dit jaar in Japan en Noord-Amerika geïntroduceerd worden met een 2.0 liter SkyActiv benzinemotor en een SkyActiv-Drive automatische versnellingsbak.

De zes beheersbare factoren die ten grondslag liggen aan Mazda's benadering zijn:

- compressieverhouding
- lucht-brandstofverhouding
- duur van de verbranding
- timing van de verbranding
- vermogensverlies
- mechanisch frictieverlies

Het doel was om deze factoren te optimaliseren, zodat zij zo optimaal mogelijk functioneren om zo een grote stap te nemen richting de ideale verbrandingsmotor. Uiteindelijk bleek de compressieverhouding de hoofdrol te spelen bij zowel benzine- als dieselmotoren.

Eén van Mazda's sterke punten is zijn innovatief vermogen, het steeds weer bereiken van goede resultaten door het meeste uit zijn middelen te halen. Een voorbeeld hiervan is Mazda's unieke rotatiemotor, die de legendarische 787B aandreef, de enige rotatiemotor die ooit de 24 Uur van Le Mans won (1991). Nog een voorbeeld is de MX-5, de auto die de markt voor roadsters uit het slop haalde. De innovatieve SkyActiv technologieën zijn Mazda's meest recente mijlpaal in de autogeschiedenis. Ontwikkeld met behulp van karakteristieke Mazda-processen tonen zij wederom aan dat Mazda de baas is over zijn eigen technologische toekomst. De nieuwe SkyActiv motoren bijvoorbeeld, zijn niet op aparte afdelingen onafhankelijk van elkaar ontwikkeld. Integendeel, een relatief kleine groep zeer gespecialiseerde engineers ontwikkelde eerst de beste individuele motorarchitecturen. Deze dienden vervolgens als basis voor alle nieuwe motoren, ongeacht het aantal cilinders of type brandstof.

“Onze ontwikkelingsafdeling voor massaproductie sloeg de handen ineen om de best mogelijke architectuur te ontwikkelen met de hoogste efficiëntie, de beste prestaties en de hoogste kwaliteit. Dan konden wij, bijvoorbeeld, de cilinder groter of kleiner maken, vermenigvuldigen met vier, zes, drie enzovoort om zo een motorengamma te creëren voor elke mogelijk toekomstige toepassing,” zegt Seita Kanai, Directeur en Senior Executive Officer R&D bij Mazda Motor Corporation.

Extreme compressieverhouding in plaats van downsizing

Sommige fabrikanten proberen het gemiddelde brandstofverbruik van hun benzinemotoren terug te dringen door de motorinhoud te verkleinen, ook wel ‘downsizing’ genoemd. Het verlies aan vermogen en koppel wordt opgevangen door meer lucht in de verbrandingskamers te persen met behulp van turbo’s en compressors.

Hoewel dit een effectieve oplossing is, kiest Mazda een andere weg. Zoals gezegd is het streven naar de ideale verbrandingsmotor een belangrijk element van Mazda’s Bouwstenenstrategie. Volgens Mazda’s routekaart naar de ideale benzinemotor is de meest effectieve stap het verhogen van de compressieverhouding.

5. SkyActiv-G benzinemotor

De voordelen van de unieke direct ingespoten SkyActiv-G benzinemotor zijn het resultaat van Mazda's unieke 'doorbraak'-benadering. Door thermodynamische principes zorgvuldig te analyseren en heroverwegen is Mazda erin geslaagd een motor te bouwen met een uitzonderlijk hoge compressieverhouding van 14 : 1. Tot voor kort was dit het domein van prestatiegerichte racewagens met motoren die niet geschikt waren voor dagelijks gebruik. Mazda heeft de praktische bezwaren overwonnen.

14 : 1 – een extreem hoge compressieverhouding

Elke discussie over compressieverhouding dient te gaan over de voordelen en uitdagingen die komen kijken bij hoge compressie. Het verhogen van de compressieverhouding in benzinemotoren verbetert de thermische efficiëntie, wat leidt tot een lager brandstofverbruik. Echter, hoge compressie in conventionele motoren veroorzaakt ongewilde abnormale verbranding, ook wel pingelen genoemd, en het bijbehorende koppelverlies. Een rijker brandstofmengsel en vertraagde ontstekingstiming kunnen pingelen voorkomen, maar deze maatregelen gaan ten koste van het brandstofverbruik en koppel. Hoe kunnen we deze problemen oplossen?

Hoge compressie zonder pingelen

Pingelen is het gevolg van het vroegtijdig verbranden van de brandstof omdat de temperatuur en de druk te hoog zijn. Dit kan

worden tegengegaan door de hoeveelheid en de druk van hete restgassen in de verbrandingskamer te verminderen. Daarom heeft Mazda een speciaal 4-2-1 uitlaatsysteem ontwikkeld dat, vanwege zijn lengte, voorkomt dat uitlaatgassen die net uit de cilinders komen terug de verbrandingskamer in geperst worden. De resulterende afname in compressietemperatuur voorkomt pingelen.

De duur van de verbranding is ook verkort. Een snellere verbranding verkort de tijd dat het onverbrande lucht-brandstofmengsel bloot wordt gesteld aan hoge temperaturen, zodat reguliere verbranding voltooid is voordat pingelen kan plaatsvinden. Daarom beschikt de nieuwe motor dan ook over speciale 'cavity pistons' zodat de initiële verbrandingsvlam zich zonder belemmering kan verspreiden, en nieuwe multipointinspuiting, wat de eigenschappen van de brandstofnevel verbetert. Samen met het 4-2-1 uitlaatsysteem resulteren deze innovaties in een substantiële toename van het koppel (15 %) in vergelijking met Mazda's huidige 2.0 liter benzinemotor. Bestuurders die dagelijks in hun Mazda stappen zullen genieten van de merkbare toename in koppel over een breed toerentalbereik. Ook zullen ze profiteren van de 15 % afname in brandstofverbruik.

Vermogensverlies beperken

Om de efficiëntie van de motor te verbeteren is het ook noodzakelijk om het vermogensverlies bij lagere belasting van de motor aan te pakken, dat plaatsvindt als de zuiger naar beneden beweegt en lucht naar binnen zuigt tijdens de inlaatslag. Over het algemeen wordt de hoeveelheid lucht die de cilinder in gaat gecontroleerd door de gasklep aan het begin van het inlaatspruitstuk.

Als de motor minder zwaar belast wordt dan is er minder lucht nodig. De gasklep wordt bijna afgesloten, wat zorgt voor een lagere druk in het inlaatspruitstuk en de cilinder dan de luchtdruk buiten. Zodoende moet de zuiger een sterk vacuüm overwinnen. Dit leidt tot vermogensverlies, wat de efficiëntie van de motor negatief beïnvloedt.

Mazda is er in geslaagd het vermogensverlies te beperken met behulp van continue variabele S-VT (sequentiële kleptiming) bij de in- en uitlaatkleppen. S-VT past de timing van het openen en sluiten van de kleppen aan, waardoor de hoeveelheid lucht in de cilinders gecontroleerd wordt door de kleppen in plaats van de gasklep. Tijdens de inlaatslag worden de gasklep en de inlaatklep wijd open gehouden terwijl de zuiger naar beneden beweegt. De inlaatslag is af als de zuiger de bodem van de cilinder heeft bereikt (het 'onderste dode punt' of ODP). Als de inlaatklep hier echter sluit, dan zit er te veel lucht in de cilinder, terwijl er juist maar een klein beetje lucht nodig is bij lagere belasting van de motor. Zodoende, om de overtollige lucht uit te persen, houdt de inlaat-S-VT de inlaatkleppen open als de zuiger weer omhoog beweegt (tijdens de compressieslag). De inlaatkleppen sluiten dan weer als al de overtollige lucht uitgeperst is. Zo minimaliseert S-VT het vermogensverlies en verloopt het verbrandingsproces efficiënter.

Normaal gesproken is het nadeel hier onstabiele verbranding. Aangezien de inlaatkleppen open gehouden worden als de compressieslag begint, neemt de druk in de cilinder af, waardoor het lucht-brandstofmengsel niet goed kan ontbranden. Dit is echter geen enkel probleem voor de SkyActiv-G, dankzij de compressieverhouding van 14 : 1. De hoge compressieverhouding verhoogt de temperatuur en de druk in de verbrandingskamer zodat

het verbrandingsproces stabiel blijft (ondanks het verminderde vermogensverlies) en de motor zuiniger wordt.

Gewichtsbesparing en interne wrijving

De responsiviteit van een auto kan natuurlijk verbeterd worden door zijn onderdelen kleiner en lichter te maken. De ontwikkeling van een geheel nieuwe motor biedt kansen om nieuwe richtingen in te slaan wat betreft een lichtgewicht ontwerp. Dankzij 20 % lichtere zuigers, 15 % lichtere drijfstangen en 30 % minder frictie in de motor in vergelijking met de huidige 2.0 liter benzinemotor, kan de SkyActiv-G lekker toeren draaien. Ook past hij zich sneller aan, aan wat er van hem gevraagd wordt en staat hij dus voor het sportieve karakter van Mazda. Bovendien verbruikt hij minder energie, wat het brandstofverbruik met 15 % terugdringt in vergelijking met de huidige motor.

6. SkyActiv-D dieselmotor

Het andere lid van Mazda's nieuwe generatie innovatieve motoren is een diesel: de geheel nieuwe common rail SkyActiv-D. Hij beschikt over dezelfde 14 : 1 compressieverhouding als de SkyActiv-G benzinevariant. Dit is de laagste compressieverhouding voor een dieselmotor ter wereld. De SkyActiv-D is ook één van de eerste dieselmotoren die voldoet aan de strenge Euro6-emissienorm (die pas van kracht wordt in 2014), zonder gebruik te maken van dure nabehandelingen zoals SCR (selective catalytic reduction) of een LNT (Lean NO_x Trap).

Dieselmotoren hebben geen bougies nodig. Het geïnjecteerde brandstofmengsel ontbrandt vanzelf onder de hoge druk en de resulterende hoge compressietemperatuur bij het 'bovenste dode punt' (BDP), of wanneer de bovenkant van de zuiger het dichtst bij de cilinderkop is. Conventionele dieselmotoren beschikken over hoge compressieverhoudingen van 16 : 1 of 18 : 1 om te zorgen voor betrouwbaar koud starten en stabiele verbranding tijdens de opwarmfase. Mazda's unieke SkyActiv-D is echter anders.

De laagste compressieverhouding ter wereld voor een diesel

Dankzij de lage compressieverhouding van 14 : 1 kan de timing van de verbranding geoptimaliseerd worden. Als de compressieverhouding verlaagd wordt, neemt de compressietemperatuur en de druk af bij het BDP. Dientengevolge duurt de ontbranding langer, zelfs als de brandstof nabij het BDP geïnjecteerd wordt, wat leidt tot een beter lucht-brandstofmengsel. Dit vermindert de vorming van NO_x en roet, omdat de verbranding

evenrediger verloopt, zonder gebieden met zeer hoge temperaturen en zuurstofgebreken. Verder is het zo dat naarmate injectie en verbranding dichterbij het BDP plaatsvinden, een dieselmotor efficiënter wordt; de expansieverhouding (de hoeveelheid werk die verricht wordt) is groter dan bij een dieselmotor met een hoge compressieverhouding. Simpel gezegd komt het erop neer dat de SkyActiv-D meer energie uit de brandstof haalt. Dit is dan ook de belangrijkste oorzaak achter het 20 % lagere brandstofverbruik.

Euro6 zonder nabehandeling voor stikstof

Dankzij de lagere compressieverhouding verbrandt de SkyActiv-D zijn brandstof schoner, en stoot hij veel minder stikstofoxiden en praktisch geen roet uit. Zelfs zonder nabehandeling voor NO_x voldoet hij nog aan strenge emissienormen van over de hele wereld (zoals Euro6), zelfs wat betreft de strikte grenzen voor NO_x.

Het feit dat Mazda's SkyActiv-D nog steeds gezien wordt als een proefproject, geen enkele andere fabrikant heeft het geprobeerd na te maken, heeft van doen met de systeem-gerelateerde nadelen van een lage compressieverhouding. De compressie-ontbrandingstemperatuur voor koud starten en bij lage temperaturen, bijvoorbeeld, is normaal gesproken te laag bij een dieselmotor met een compressieverhouding van slechts 14 : 1. Hij zou ruw draaien, vooral in winterse omstandigheden, en overslaan tijdens het opwarmen. Bij extreem lage temperaturen zou de motor wel eens helemaal niet kunnen starten.

Uitlaat-VVL (variabele lichthoogte van de klep)

Om de prestaties bij koud starten en winterse omstandigheden te verbeteren is de SkyActiv-D uitgerust met keramische gloeipluggen en uitlaatkleppen met variabele lichthoogte. Dit laatste heeft als functie de hete uitlaatgassen intern te laten recirculeren in de verbrandingskamer. Het werkt als volgt: een gloeiplug bewerkstelligt de eerste verbrandingscyclus, wat de uitlaatgassen heet genoeg maakt. Nadat de motor gestart is, sluit de uitlaatklep niet tijdens de inlaatslag. Hij blijft juist op een kier staan zodat een beetje uitlaatgas terug de verbrandingskamer in kan. Dit verhoogt de temperatuur in de verbrandingskamer, wat de daaropvolgende verbranding van het lucht-brandstofmengsel vergemakkelijkt en overslaan voorkomt.

Gewichtsbesparingen en minder frictie

De lagere compressieverhouding van de SkyActiv-D betekent een lagere maximale druk en dus minder slijtage aan de onderdelen dan bij conventionele diesels. Er is dus meer ruimte voor structurele aanpassingen om gewicht te besparen: cilinderkoppen met dunnere wanden en een geïntegreerd uitlaatspruitstuk zijn 3 kg lichter dan voorheen, terwijl het cilinderblok, nu gemaakt van aluminium, nog eens 25 kg lichter is. Voeg daarbij de 25 % lichtere zuigers en krukassen en Mazda is erin geslaagd de frictie in de SkyActiv-D met 20 % terug te dringen in vergelijking met de huidige CiTD dieselmotor. Dit vertaalt zich in een betere gasrespons, meer trekkracht en een lager brandstofverbruik.

Tweetrapsturbo

Turboladers bij dieselmotoren zorgen niet alleen voor meer koppel, maar verlagen ook het brandstofverbruik en dus de uitstoot van schadelijke stoffen. De SkyActiv-D maakt gebruik van een tweetrapsturbo.

Hij beschikt over een kleine en een grote turbo, die aan de hand van de rijomstandigheden aan het werk worden gezet. De kleine, responsieve turbo perst lucht de verbrandingskamers in bij lage snelheden om voor koppel te zorgen bij lage snelheden en om het 'turbogat' te elimineren. Het turbogat wordt gekenmerkt door abnormaal weinig koppel en een slechte gasrespons. Het wordt veroorzaakt doordat er te weinig uitlaatdruk is om de turbine van de turbolader op de juiste snelheid te krijgen om turbodruk te leveren. Samen zorgen de twee turbo's voor veel koppel en responsiviteit bij lage snelheden en veel vermogen, zelfs bij hoge toerentallen, zodat de SkyActiv-D eenvoudig zijn maximum van 5.200 t/min haalt. Ondanks de uitzonderlijke efficiëntie van de motor boet hij niet in aan vermogen, rijdynamiek of rijplezier. En het synergetische effect van de tweetrapsturbo en de lage compressieverhouding zorgt voor een optimale timing van de verbranding. Aangezien er meer dan genoeg lucht (zuurstof) aanwezig is stoot de motor heel weinig NO_x en roet uit.

7. SkyActiv-Drive automatische versnellingsbak

In zijn zoektocht naar de ideale automatische versnellingsbak richtte Mazda zich op de volgende zaken:

- **brandstofverbruik verlagen**
- **directe gasrespons**
- **soepel schakelen**
- **comfortabele acceleratie**

De nieuwe SkyActiv-Drive doet dit allemaal en meer.

De nieuwe SkyActiv-Drive automatische versnellingsbak combineert de voordelen van conventionele automaten met de voordelen van continue variabele transmissies (CVT's) en versnellingsbakken met dubbele koppeling. Hij schakelt snel en soepel, reageert zelfs bij lage snelheden dynamisch op veranderingen in rijomstandigheden en verlegt de grens wat betreft zuinigheid. Het hart van de SkyActiv-Drive is een nieuwe koppelomvormer met een extra brede lock-up voor alle zes versnellingen, 'full range direct drive' genaamd. De lock-up-verhouding is verhoogd van 64 % in de huidige vijftraps automaat naar 89 % tijdens het gebruik van de auto. De vroege lock-up tussen motor en versnellingsbak door de koppelomvormer (zodat de motoroutput rechtstreeks wordt overgebracht naar de wielen) voorkomt het karakteristieke vermogensverlies tijdens acceleratie, wat zorgt voor een directer rijgevoel. Het voorkomen van vermogensverlies werkt ook nog eens brandstofbesparend. Zeer nauwkeurige hydrauliek is essentieel voor dit ontwerp. Om de noodzakelijk snelle en nauwkeurige modulatie van de oliedruk mogelijk te maken en om de betrouwbaarheid te verhogen, is de SkyActiv-Drive uitgerust met een elektromechanische module.

Hoewel het maximaliseren van het bereik van de lock-up noodzakelijk is om de rijkwaliteiten en zuinigheid te verbeteren heeft het ook een negatief effect op rijgeluiden en trillingen, omdat de verschillen in rotatiesnelheid tussen de motor en de versnellingsbak niet worden geabsorbeerd. De nieuwe koppelomvormer is ontworpen om dit probleem op te lossen. Door de verbeteringen aan de lock-up komt de torus alleen nog kijken bij zeer lage snelheden. De torus kan dus kleiner worden, wat weer ruimte opleverde voor een verbeterde demper (om geluiden en trillingen op te vangen) en een multi-disc lock-up koppeling en de bijbehorende zuiger, wat de duurzaamheid en beheersbaarheid van de koppeling ten goede komt.

De SkyActiv-Drive is leverbaar in twee uitvoeringen, voor 270 Nm of 450 Nm koppel, zodat deze automatische versnellingsbakken gecombineerd kunnen worden met zowel SkyActiv benzine als dieselmotoren.

8. SkyActiv-MT handgeschakelde versnellingsbak

Mazda heeft een compleet nieuwe, zeer nauwkeurige handgeschakelde zesversnellingsbak ontwikkeld. Dankzij zijn compacte en lichte design en verminderde interne frictie levert ook hij een bijdrage aan zuiniger autorijden.

Net als de automatische versnellingsbak zal de handgeschakelde variant in twee uitvoeringen leverbaar zijn om met verschillende hoeveelheden koppel overweg te kunnen. Het doel was om de nieuwe versnellingsbak tussen 7 % en 16 % (afhankelijk van de uitvoering) lichter te maken in vergelijking met de huidige handgeschakelde versnellingsbak. Een nieuwe benadering was noodzakelijk om echt te kunnen innoveren, aangezien hedendaagse handgeschakelde versnellingsbakken relatief simpel in elkaar steken. Mazda heeft dus elk onderdeel en zijn functie bestudeerd. De SkyActiv-MT, met zijn nieuwe architectuur met een verkorte tussenas en zonder aparte as voor de achteruitversnelling in de grotere uitvoering, bewijst Mazda's kracht om te innoveren.

MX-5 als standaard

Een sportief schakelgevoel stond hoog op het prioriteitenlijstje en inspiratie werd gehaald uit de zeer nauwkeurige en soepele handgeschakelde versnellingsbak van de MX-5 roadster. De versnellingspook heeft een korte schakelweg van slechts 45 mm van zijn vrij naar de versnelling. Dit snelle schakelen doet denken aan de MX-5; het voelt bijna net zo fris aan en kost totaal geen moeite. Simpel gezegd bevat de SkyActiv-MT duidelijk het Mazda DNA.

Mazda gebruikte een complex mechanisme om de schakelprecisie en frisheid te bereiken die ze voor ogen hadden. De ideale

gebruikskennmerken zijn zorgvuldig bestudeerd, gebaseerd op vergelijkingen tussen het schakelgevoel van de MX-5 en dat van zijn Europese concurrenten. De nieuwe handgeschakelde versnellingsbak beschikt over een doorlopend en lichter schakelgevoel met minder weerstand. Om precisie en souplesse te bewerkstelligen is de schakelpook zo ontworpen dat hij wat zwaarder aanvoelt aan het begin van de schakelweg en vervolgens geleidelijk lichter wordt, alsof hij eenvoudig in de volgende versnelling glijdt.

9. SkyActiv-Body & SkyActiv-Chassis

‘Duurzame Zoom-Zoom’ staat voor efficiëntie, zonder in te hoeven boeten aan rijplezier. Tijdens de uitvoering van deze strategie kan je eigenlijk niet om de factor ‘gewicht’ heen.

Lichtgewicht engineering: Mazda’s expertise

Gewicht is erg belangrijk voor Mazda. Lichtere auto’s zijn tenslotte efficiënter en leuker om in te rijden. Ze zijn zuiniger en het lagere gewicht verbetert de prestaties, of het nu gaat om acceleratie, besturing of remmen. Extra gewicht leidt alleen maar tot nog meer gewicht: een zwaardere auto heeft immers een grotere motor nodig, zodat er ook weer een grotere benzinetank nodig is, enzovoort.

Neem nu de MX-5. Hij is soepel en prestatiegericht, en het lage gewicht van deze baanbrekende auto vormt de basis voor zijn goede rijeigenschappen. Het strakke stuurgevoel, de perfecte gewichtsverdeling en het lage zwaartepunt komen beter tot uiting vanwege het lage gewicht van de auto.

Een ander, recenter voorbeeld van lichtgewicht engineering is de tweede generatie Mazda2, geïntroduceerd in 2007. Hij is 100 kg lichter dan zijn voorganger, een trendbreuk in het B-segment waar auto’s alleen maar zwaarder worden en ontworpen om zuiniger te zijn en beter te presteren. Ook was hij een stuk veiliger.

Kostbewuste optimalisatie op een unieke manier

Deze traditie zet zich voort in de SkyActiv-Body en het SkyActiv-Chassis. Mazda richt zich niet op individuele (en vaak dure) materialen als koolstofvezel en aluminium, maar benadert

lichtgewicht engineering op een unieke manier. Dit allesomvattende en klantvriendelijke proces bestaat uit drie elementen: optimalisatie van de structuur en het ontwerp van de carrosserie, nieuwe productieprocessen gebruiken en materialen vervangen om zo lichtere, sterkere en veiligere auto's te produceren, die de 'Jinba Ittai' rijbeleving geven..

De resultaten spreken voor zich: de nieuwe SkyActiv-Body is 8 % lichter dan zijn voorganger, het SkyActiv-Chassis zelfs 14 %. Sterker nog, Mazda heeft zich zelfs tot doel gesteld al zijn nieuwe generatie modellen 100 kg lichter te maken dan voorheen. Dit verhoogt de synergie met andere SkyActiv technologieën en laat zo de SkyActiv motoren nog beter tot hun recht komen.

SkyActiv-Body

Mazda's toewijding aan 'Duurzame Zoom-Zoom' is de drijfveer achter de inspanningen van de R&D-afdelingen om milieuvriendelijke auto's te ontwikkelen die voldoen aan de hoogste internationale veiligheidsstandaarden, maar tóch leuk zijn om in te rijden.

Ook de ontwikkeling van de SkyActiv-Body werd soms gekenmerkt door tegenstrijdige doelen. Engineers moesten terug naar de tekentafel om deze tegenstrijdigheden op te lossen. Het resultaat: carrosserieën voor een nieuwe generatie auto's van Mazda die grensverleggend zijn wat betreft gewicht.

Lichter en stijver dankzij rechte en ononderbroken structuren

Om krachten zo efficiënt mogelijk te geleiden moet een lichte carrossierestructuur zo veel mogelijk rechte secties bevatten. De layout moet ook zo ontworpen zijn dat krachten verspreid worden over de hele structuur en niet op één punt geconcentreerd raken. De engineers zijn erin geslaagd een carrosserie te ontwikkelen met ononderbroken rechte lijnen van vóór tot achter, met zo weinig mogelijk gebogen onderdelen in de bodem.

De bevestigingspunten voor de wielophanging achter, bijvoorbeeld, zijn rechtstreeks op het framework van de bodem bevestigd als een 'dubbele beugel'. De vier verticale ringstructuren van de bovenste helft van de carrosserie (inclusief de dakrail en de B-stijl) zijn bevestigd aan het verstevigde gedeelte van de bodem, wat de stijfheid ten goede komt. De dwarsbalken van de wielophanging zijn nieuw ontwikkeld en komen niet alleen de lokale stijfheid ten goede, maar ook de stijfheid van de hele structuur, aangezien de bevestigingspunten ook geoptimaliseerd zijn.

'Multi-load path' structuur voor optimale veiligheid

Passieve veiligheid is een van de kernprincipes van Mazda. Daarom heeft het bedrijf de unieke 'multi-load path' structuur ontwikkeld voor de SkyActiv-Body. Deze structuur absorbeert de impact van een crash door de krachten die hierbij vrijkomen te verspreiden in meerdere richtingen. Bij een frontale botsing, bijvoorbeeld, wordt de energie van de botsing verspreid (en dus geabsorbeerd) vanuit de voorkant langs drie ononderbroken routes: omhoog richting de A-stijl, omlaag door de bodem en door het midden naar de flanken van de carrosserie.

De bovenkant van het frame speelt een dubbelrol: het geleidt energie naar de A-stijl maar gaat ook de opwaartse beweging van het frame van de voorkant van de auto tegen, omdat dit de verspreiding van de energie zou belemmeren.

Zelfs de deur speelt een rol bij het absorberen van energie bij een botsing. De multi-load path structuur vervult zijn rol ook bij een zijwaartse aanrijding, wat de veiligheid van de inzittenden sterk vergroot.

Productie – puntlassen met lijm en meer laspunten

Puntlassen met lijm, een hybride verbindingstechniek, wordt toegepast bij de dakrailsectie om een cirkelvormige verstevigingsstructuur te creëren. Voorheen stond deze sectie los van de C-stijl. Nu worden de onderdelen van te voren bevestigd en als één geheel naar de assemblage gestuurd. Zo ontstaat er een ononderbroken structuur met significant meer laspunten. Dit draagt sterk bij aan de stijfheid van de carrosserie.

Meer staal met hoge treksterkte: sterker en lichter

Mazda haalt ook flink wat voordeel uit het gebruik van staal met een hoge treksterkte in de SkyActiv-Body. Hij bestaat nu voor 60 % uit dit type staal, terwijl dit voorheen 40% was. Dit type staal is zowel dun als sterk en maakt de carrosserie van een auto dan ook lichter en sterker. De inspanningen van de engineers werpen hun vruchten af, want de nieuwe SkyActiv carrosserieën zijn toonaangevend op het gebied van gewicht en stijfheid. Ze zijn een vitaal onderdeel van Mazda's 'Duurzame Zoom-Zoom'-strategie.

SkyActiv-Chassis

Ook de ontwikkelaars van Mazda's chassis liepen tegen tegenstrijdige doelen aan: uitzonderlijke souplesse en een gevoel van eenheid tussen auto en bestuurder, stabiliteit op hoge snelheid en het hoogst mogelijke rijcomfort. Echter, het stuurgevoel verbeteren, vooral bij lage en normale snelheden, kan in het algemeen een negatieve invloed hebben op de besturing en stabiliteit bij hoge snelheden. Deze souplesse en lichtvoetigheid kunnen het rijcomfort verminderen. Bovendien wilden de engineers het chassis ook nog eens een stuk lichter maken. Mazda engineers hebben deze tegenstrijdige doelen op een unieke manier aangepakt en zijn er in geslaagd alle wensen in het SkyActiv-Chassis te verwerken.

Soepel bij lage en normale snelheden, maar toch stabiel bij hoge snelheden

De eerste uitdaging was het in één chassis laten samenkomen van stabiliteit bij hoge snelheden en nauwkeurige besturing bij lage en normale snelheden.

Mazda ontwikkelde een nieuw elektrische stuurbevestigings-systeem dat het rijgevoel verbetert door snel te reageren op de bestuurder, zelfs bij hele lage snelheden. Deze souplesse, echter, kan leiden tot overgevoeligheid bij hogere snelheden. Daarom hebben de engineers de geometrie van de achterwielophanging opnieuw onderzocht. De draagarmen zijn aangepast voor een soepelere beweging van de auto en de grip bij de achterwielen is verbeterd door het zelfsturend vermogen te verhogen om onverwachte gierbewegingen te voorkomen.

Tegelijkertijd is de overbrengingsverhouding van het stuur verkort (voor een meer directe sturing) waardoor hij sneller reageert en de giersnelheid (hoe makkelijk de auto stuurt) wordt verhoogd, zodat de auto op lagere snelheden soepel stuurt. De auto is dus zowel soepel als stabiel, het beste van twee werelden.

Het stevige stuurgevoel bij hoge snelheden wordt versterkt door de balhoofdhoek (en dus de naloop) van de voorwielen te vergroten (zie afbeelding), wat het zelfcorrigerend vermogen van de auto verhoogt. De hoeveelheid stuurbekrachtiging is groter bij lagere snelheden om het sturen te vergemakkelijken, zodat het lichter aanvoelt. Resultaat is dat de nieuwe generatie Mazda's veilig en soepel sturen onder alle omstandigheden.

Souplesse bij lage en normale snelheden gecombineerd met superieur rijcomfort

De wielophanging, de 'interface' tussen het platform en de wielen, is essentieel voor de besturing van een auto. De opbouw en structuur van de wielophanging bepalen de nauwkeurigheid tijdens het sturen. Ze beïnvloeden ook het rijcomfort. Zodoende was het optimaliseren van deze architectuur de tweede grote uitdaging voor Mazda.

De achterwielophanging bleek cruciaal te zijn bij het vinden van de perfecte balans tussen souplesse en rijcomfort. Het doel was om de besturing te verbeteren, zonder de vering of schokdempers harder af te stellen.

Ten eerste werden de bevestigingen zo geplaatst dat de hefboomverhouding vergroot werd. De dempende werking en stijfheid van de bevestigingsrubbers bovenaan zijn dus verstevigd, zodat ze minder invloed uitoefenen op het rijcomfort.

Vervolgens zijn de bevestigingspunten van de draagarmen achter omhoog verplaatst, waardoor de bewegingsrichting van de draagarmen is veranderd en zij eenvoudiger schokken in de lengterichting kunnen absorberen. Dit verhoogt het rijcomfort, terwijl het ook voorkomt dat de achterkant van de auto omhoog komt. Dit maakt de auto stabiel tijdens het remmen, wat de remafstand verkort.

Lager gewicht en toch stijver

Het chassis is 14 % lichter dan de huidige versie² en toch is hij stijver. Dit is de derde doorbraak.

Engineers hebben om gewicht te besparen zich specifiek gericht op de dwarsbalken. Nadat de functionele eisen van de dwarsbalken waren opgesteld, werd met behulp van CAE ('computer-aided engineering') een conceptmodel ontworpen en de optimale structuur in de hele auto geïntegreerd.

De middensectie aan de voorkant van de auto werd verlengd en het zwaartepunt van de bevestigingspositie van de onderste draagarmen verlaagd. Aan de achterkant werd de spanwijdte van de dwarsbalk verlengd en het zwaartepunt van de draagarmen verlaagd. Aan de vóór- en achterkant zijn lasflenzen verwijderd om de stijfheid van de gelaste onderdelen te verhogen. Al deze maatregelen verhogen de stijfheid van het lichte chassis significant (zie afbeelding).

² In het C/D segment (Mazda6)

Zo leiden slimme oplossingen tot de vele verbeteringen van het SkyActiv-Chassis. Engineers hebben hun doelen bereikt: rijplezier, veiligheid, rijcomfort, souplesse, stabiliteit, een nieuwe generatie Mazda waardig.

#

Voor meer informatie:

*Mazda Motor Nederland
Afdeling Public Relations
Telefoon: 0182-685080 (direct)
iraatjes@mazdaeur.com*