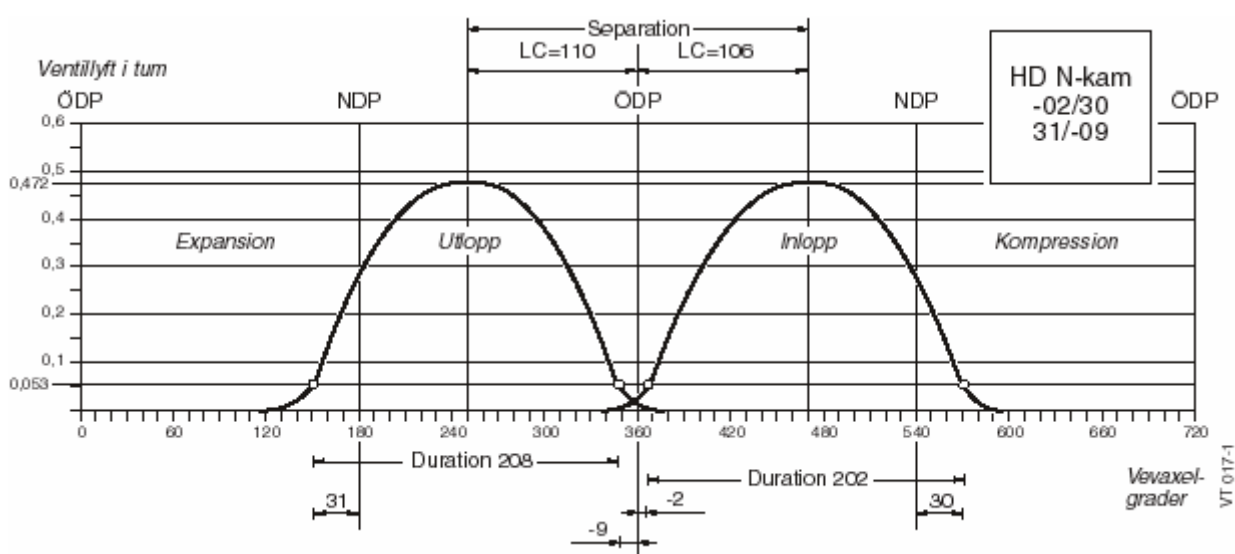


Kamaxlar

Original H-D

Kamaxeln bestämmer tidpunkten för ventilernas öppnande, hur länge de ska vara öppna och hur högt de ska lyfta. Hur länge ventilerna ska vara stängda bestäms också av kamaxeln. Men stängningen är inte tvångsstyrd som öppnandet. Det är ventilfjädrarna som stänger ventilerna. Fjädrarna trycker tillbaka ventilmekanismen så att lyftaren ligger an mot kammens och följer dess periferi. Med rätt justerad ventilmekanism och vid normala varv, följer lyftaren kammens utan problem.

Hur ventilerna rör sig och hur länge de är öppna för en H-D med N-kam framgår av följande bild.



Kammens gradtal

I bilden ovan så anges gradtalen vid ett lyft på 0,053 tum (1,3462 mm). Det lyfthöjden har blivit något av en standard för H-D kammar och används av Red Shift. Crane Cams – som tillverkar kamaxlar för både bilar och motorcyklar – anger gradtalen för sina kamaxlar vid ett lyft på 0,050 tum (1,27 mm). Andrews som är en annan tillverkare anger gradtalen både vid 0,020 tum (0,508 mm) och vid 0,053 tum. Ducati anger för sina motorcyklar gradtalen vid ett lyft på 1 mm.

Society of Automotive Engineers, SAE, skriver att man lämpligen bör ange gradtalen vid ett lyft på 0,006 tums (0,1524 mm) från bascirkeln. Ju lägre lyft man använder desto större blir durationen. Vid ett lyft på 0 mm så är durationen 360 grader. Det förklarar också att om inte lyftet är angivet så är informationen om gradtalen helt värdelösa.

Vid en lyfthöjd som är mindre än ca 1 mm så är flödet förbi ventilerna så litet att det inte har någon större påverkan på motorns gasväxling. Så gradtalen och durationen som anges som @ .050 och @ .053 ger en bättre redovisning av kammens data än vid lägre lyft. Värdet som anges @ .050 har större värden på gradtal och durationen än @ .053.

Hur värdena för N-kamaxeln normalt anges framgår tabellen nedan. Observera att lyftet i tabellen gäller för kamaxeln. Ventilernas rörelse är på grund av vipparmsutväxlingen 1,6 gånger större.

Kamaxeldata	H-D Evo 1340 C-kam	H-D Evo 1340 N-kam	H-D TC 88 Förgasare	H-D TC 88 Insprutning
In öppnar/stänger	-15°/03°	-2°/30°	-4°/43	4°/35°
Ut öppnar/stänger	3°/-15°	31°/-9°	40°/2°	40°/2°
Duration in/ut	168°/168°	208°/202°	219°/222°	219°/222°
Lobcenter in/ut	99°/99°	106°/110°	111°/111°	103°/111°
Lyft i tum/mm	0,295/7,493	0,295/7,493	0,290/7,35	0,290/7,35

Svenska	Engelska
ÖDP Övre dödpunkt	TDC Top dead center
NDP Nedre dödpunkt	BDC Botton Dead center
FXXX Före	BXX Before
EXXX Efter	AXXX After

Kamaxlarna som är standard i Evo 1340 och Twin Cam 88 är i stort sett likvärdiga. Då TC 88 har något större slagvolym än Evo 1340 klarar den också något större duration utan att köregenskaperna försämras. Som referens har vi tagit med den C-kamaxel som finns i Evo 1340 i utförandet för Kalifornien. Kraven på låga utsläpp av föroreningar har bestämt kamaxelns data.

Då alla kamaxlar tillverkas i USA och alla kamaxeldata anges på engelska används i det här avsnittet både svenska och engelska benämningar.

Ventil	Referens	Gradtal
In öppnar	FÖDP	4°
In stänger	ENDP	35°
Ut öppnar	FNDP	40°
Ut stänger	EÖDP	2°

Gradtalen, exempelvis 4°/35° och 40°/2° som anges för en TC 88 kam talar om hur kamaxeln öppnar och stänger ventilerna är relaterade till kolvens övre och nedre läge i cylindern enligt följande.

Negativa värden för inloppsventilen anger att inloppet sker efter ENDP och negativa värden på utloppsventilen att ventilen öppnar FÖDP.

Begränsningar

Problem med ventilmekanismen kan uppstå vid höga varv. Kamlobens vinkel, som ger ventilmekanismen dess rörelsehastighet, bestämmer vid vilket varvtalet en ventil inte längre kan följa kammens, dvs. ventilerna släpper, eng lift-off. Funktionen påverkas

också av ventilmekanismens massa, ventilfjädrarnas kraft och egenresonans. En standardmotor kan normalt varvas till 6000 r/min innan ventilerna släpper.

Skivkammarna

Kamaxeln på en Evo 1340 har fyra skivkammor på en gemensam axel som utifrån, dvs. från den sida där kuggdrevet sitter påverkar stötstängerna i följande ordning:

- Främre utlopp
- Bakre utlopp
- Främre inlopp
- Bakre inlopp

TC 88 har två kamaxlar. En för främre cylindern och en för bakre cylindern. Den bakre kamaxelns yttre del är försett med ett kugghjul som drivs av en kedja från ett kugghjul på vevaxeln. De två kamaxlarnas inre kugghjul är förbundna med en kedja. I TC 88 påverkar kamaxeln ventilerna enligt följande.

- Inre skivkammarna, inloppsventilerna
- Yttre skivkammarna, utloppsventilerna

En Evo Sportster har en kamaxelkonstruktion som består av fyra separata kamaxlar som är förbundna genom en kugghjulstransmission.

Asymmetrisk form

Kamloben på en kamaxel kan ha olika form på den del av kamskivan som öppnar och den som stänger. Öppnandet av en ventil ska ske så snabbt som möjligt för att få ett stort flöde. Ett snabbt öppnande ger en hög belastning på kamaxeln och rullyftaren. Även stängningen bör gå snabbt. En hastig stängning ger en snabb förslitning av ventiltallriken och sätet och även ett högt mekaniskt ljud. Därför är stängningen en kompromiss mellan snabb stängning, låg förslitning och låg ljudnivå. När det gäller kamaxlar för modifierade motorer kan man bortse från ljudnivån och även acceptera en högre förslitning till förmån för hög effekt.

Skillnaden i lobernas form för öppning och stängning framgår normalt inte av de data som kamtillverkarna uppger!

Dräparkamaxel – ett vanligt misstag

Det finns moderata kamaxlar som ger bra vridmoment och effekt på en standardmotor om de kombineras med en ombestyckad förgasare och öppnare ljuddämpare. För Evo 1340 finns exempelvis Andrews EV 3 och Crane Fireball 310-2. Den här typen av kamaxlar kallas ofta på engelska för bolt-in. De radikala kamaxlarna för modifierade motorer och racing kräver en mängd följdmodifieringar för att motorn ska fungera bra.

Tycker du att lagom är både tråkigt och fegt och istället satsar på en riktig "dräparkam" i din Evo 1340 eller två nya kamaxlar om du har en Twin Cam 88. Vad kommer då att hända?

I det här avsnittet kallar vi det kamaxel, i singularis, även när det gäller en Twin Cam 88 som har två kamaxlar.

Flyttar varvtalsområdet

I en V2 motor med två ventiler per cylinder har kamaxeln sin användbara funktion över ett varvtalsområde på ca 3000 r/min. När du byter till en vassare kamaxel, så flyttas det användbara varvtalsområdet och vridmomentet uppåt. Du får högre effekt då antalet hästkrafter är produkten av varvtalet och vridmomentet. Men funktionen vid lägre varv försämras i motsvarande grad. Evo 1340 har en kamaxel avpassad för varvtalsområdet 2000-5000 r/min. Det effektiva varvtalsområdet för TC 88 är 2500-5500 r/min.

Kompressionen

Det första du råkar ut för är att kompressionen, 8,5-8,9:1, i en standardmotorn är för låg för att fungera bra på låga varv. Det användbara varvtalsområdet kläms ihop till området 3000-4000 r/min. Stänger inloppsventilen sent, 35-40 vevaxelgrader efter NDP, kan du gå upp i kompression 1-1,5:1 enheter för att använda kamaxelns kapacitet. Så en kamaxel av högprestandatyp kräver kolvar som ger hög kompression för att fungera på rätt sätt.

Jag provade själv med en S&S 631 kamaxel i en motor med 10,1:1 i komp. Den stänger inloppsventilen 61 ENDP. Den verkliga kompressionen blir då för låg för bra funktion. Effektkurvan blir platt och man kan även höra att motorn är slö. Med S&S 562, som är en mildare kam, fick vi ut 10 hk till på bakhjulet.

Kamaxellyftet

En högprestandakam har ofta ett högre lyft än en standardkam. När kammen lyfter fullt finns det därför risk att ventilerna tar i kolvtoppen. Det kan ge allvarliga skador på kolv, ventiler och kanske även krökta stötstänger. Ett högt lyft och ett stort överlapp kan också medföra att ventilerna tar i varandra. Avståndet mellan kolv och ventil bör vara minst 1,3 mm vid högsta lyft, och det inbördes avståndet mellan ventiltallrikarna bör även det vara minst 1,3 mm. Den nya kamaxelns högre lyft gör att standardstötstängerna måste bytas till justerbara stänger för att kunna justeras till rätt spel med den nya kammen.

Vi förutsätter här att de nya kolvarna med högre kompression väger lika mycket som de gamla. Du slipper då att montera ner motorn och balansera vevpartiet.

Cylinderhuvudet

Om du har monterat kolvar med högre kompression och med urfräsningar för ventiltallrikarna och som klarar ett högre kamaxellyft? Ja, det blir något bättre men cylinderhuvudet kan inte flöda mer då in- och utloppet och förbränningsrummets utformning inte medger så mycket större flöden. Du måste byta cylinderhuvudet till ett som passar kolven och som är utformat för högre kompression och större flöden. Det är också troligt att inloppsröret måste bytas till ett som passar de nya inloppsportarna.

Ventilfjädrarna

Om du byter cylinderhuvudena och monterar ett nytt inloppsrör, då ska väl det hela fungera bra?

Det kan fungera. Men det höga kamaxellyftet kan göra att ventilfjädrarna bottnar. Fjäderskraften kan inte klämmas ihop mer. Den har nått sin stumma längd. Fjäderkraften är också för låg för att klara av de högre varven. Det blir alltså nödvändigt att byta ventilfjädrarna. Man måste också kontrollera att vipparmarna klarar de högre belastningarna och de större vinklarna som de nu ska röra sig inom. Hårdare fjädrar ger ett högre kontakttryck mellan lyftarna och kamaxeln och mellan vipparmen och ventilspindeln. För att minska friktionen

är det lämpligt att byta till rullvippor, dvs. vipparmar som har en rulle som arbetar mot ventilspindeln.

Förgasaren och ljuddämparen

Nu måste motorn få luft och bränsle. Luftrenaren och filtret bör bytas för ett bättre luftflöde och förgasaren måste ombestycas för mer bränsle. Ljuddämparna stjäl en hel del effekt så ett luftigare avgassystem bör ge ett extra effekttillskott. Nu ska det väl vara klart att provköra?

Ja, det går att köra men något högre varvtal kommer du inte att få. Tändmodulen i en Evo 1340 har en varvtalsbegränsning som hindrar högre varv än 5000 r/min. Motsvarande för en Twin Cam 88 är 5500 r/min. Så tändmodulen måste bytas till en som klarar ett högre varvtal.

Tändningen

För en äldre Evo 1340 med dual-fire tändning gäller att när kamaxeln börjar öppna inloppsventilen i den bakre cylindern kommer tändgnistan som var avsedd för den främre cylindern också att antända bränsleblandningen i den bakre cylindern. Resultatet blir förgasarpuffar. Så originaltändsystemet måste bytas till ett single-fire system. Twin Cam 88 har i original ett sådant tändsystem. Har du ett single-fire system och justerat upp varvtalsbegränsningen till 6000 r/min så bör du nu kunna provköra motorcykeln.

Radikal förändring

Dräparkamaxeln ger en rå och brutal motorfunktion med hög effekt och hög ljudnivå. Att byta kamaxel innebär en stor förändring av motorns arbetsätt. En mängd delar måste bytas och anpassas till den nya kamaxeln för att få optimal effekt. Att byta kamaxel är det största ingreppet som du kan göra i en motor.

Vikt och luftmotstånd

Motorcykelns vikt påverkar valet av kamaxel. En motorcykel för dragracing kan väga ner till 180 kg. Med en lätt förare hamnar totalvikten på ca 280 kg. Motorn körs alltid på full gas. En motorcykel med packväskor och andra tillbehör väger ca 300 kg. Med förare, passagerare och packning nås lätt 500 kg. Touringhojen startar på låga varv och rimligt gaspådrag. Det är vanligt att den är utrustad med vindruta, vindskydd och andra delar som ger en stor frontyta. Luftmotståndet blir då stort redan vid låg hastighet. För att ge motorcykeln rimliga prestanda har den därför låg totalutväxling. Dragracing innebär låg sittställning och liten frontarea. Detta är förstås två ytterligheter. Men det ger en uppfattning om att den kamaxel som fungerar bra i den ena motorcykeln är helt fel i den andra. I den lätta motorcykeln flyttar man upp varvtalsområdet så högt upp som möjligt för att få maximal effekt. I touringhojen vill man ha ett stort vridmoment vid låga och medelhöga varvtal. De är ju vid dessa varvtal motorn ska fungera som bäst.

Det är en stor funktionell skillnad på en kamaxel som ska fungera optimalt från 1000 r/min till 4000 r/min och en kamaxel som ska fungera från 4000 r/min till 7000 r/min. Det hela beror på gashastigheten genom motorn. Kamaxeln som fungerar inom 4000-7000 r/min har ett stort överlapp, dvs. inlopps och utloppsventilen är öppna samtidigt. Det gör att motorn på lägre varvtal drar tillbaka avgaser under inloppstakten. Motorn kan därför vara svårstartad. När den väl startar och går på låga varv så bluddrar den och går orent. Vid högre varvtal är gashastigheten hög och det stora överlappet gör att de utrusande avgaserna hjälper till

att suga in ny bränsleblandning. I touringhojen ska motorn fungera bra vid låga varvtal. Gashastigheten är då låg och strömningar i inlopp och utlopp bestäms då helt av kolvens läge i cylindern. Överlappet bör då vara noll eller bara några grader.

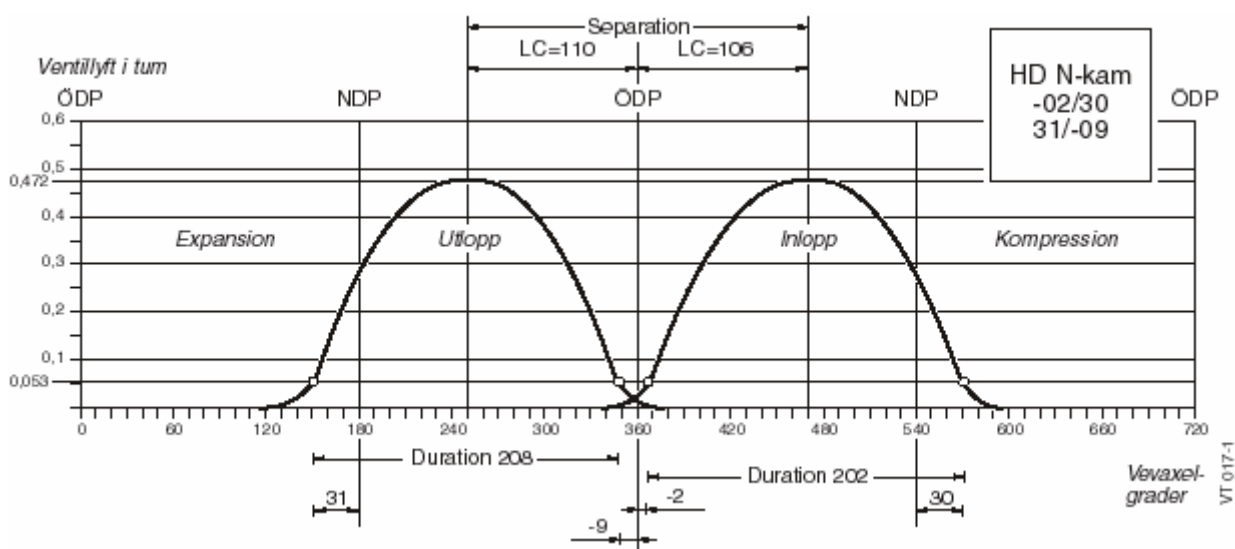
Vevaxeln och kamaxeln

Grundläggande för att förstå hur kamaxeln och ventilmekanismen fungerar är att kamaxeln roterar ett varv under tiden som vevaxeln roterar två varv. Halveringen av rotationshastigheten i Evo 1340 får man genom att kugghjulet på vevaxeln har 21 kuggar och drevet på kamaxeln har 42 kuggar. Kugghjulen är i direktgrepp med varandra. I TC 88 sker ner-växlingen genom att drevet på vevaxeln har 17 kuggar och drevet till bakre kamaxeln har 34 kuggar. Kugghjulen är förbundna med en kedja. Halveringen av kamaxelns rotations-hastighet relativt vevaxeln genom nedväxling gör att kamaxeln roterar åt motsatt håll mot vevaxeln.

Skraven som håller drevet till bakre kamaxeln, det med 34 kuggar, var på de första TC 88 en källa till bekymmer. Skruven kunde lossna eller gå av. Fr.o.m. -00 har man i både TC 88 och 88B splines på kamdrevet och en längre skruv med finare gängor.

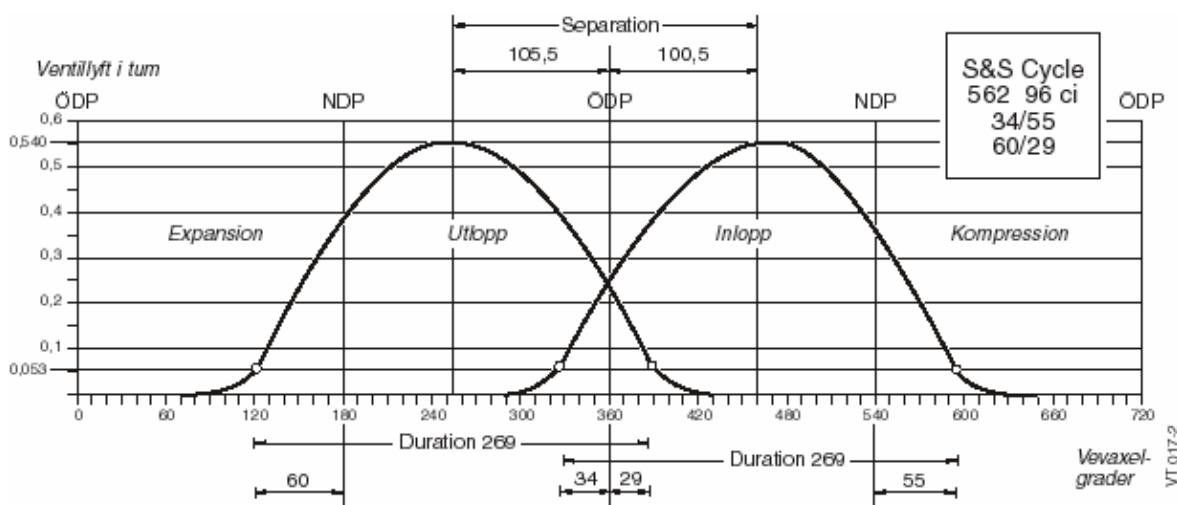
Kamaxelkurvor

Hur kamaxeln påverkar ventilerna och hur dessa rör sig under de olika arbetstakterna framgår av följande bilder. Kamaxeln är originalmonterad i Evo 1340 och har beteckning- en H-D Stock-N. Av bilden framgår att högsta ventillyftet är 0,472 tum (11,988 mm).



Lyfthöjden 0,053 tum (1,346 mm) är angiven på bilden. Det är vid detta lyft, som kamaxelns data i form av gradtal anges. Det förekommer också att man använder lyfthöjden 0,050 tum (1,27 mm). Skillnaderna i måttangivelse är dock försumbar i de allra flesta fall. I amerikansk litteratur förekommer att man anger lyfthöjden som @ 0,050 respektive @ 0,053. Kamaxeln öppnar alltså tidigare och senare än vad gradtalen anger. Orsaken är att det är mycket enklare att definiera ett avstånd än punkten då kamaxeln börjar lyfta. Flödet förbi ventilen vid ventilöppningen 1,346 mm är också väldigt lågt.

Om vi jämför N-kamaxeln med en kam avsedd för en 96 kubiktums motor – S&S Cycle 562- kam – så framgår att alla kamaxeldata från ventillyft till överlapp etc. är större än originalkamaxelns.



Observera att bilderna visar ventillyftet som är 1,62 gånger större än kamaxelns lyft. Kamaxeln lyfter bara 7,404 mm.

Bilderna visar att i standardmotorn så sker öppningen och stängningen av ventilerna nära motorns taktväxlingar dvs. vid NDP och ÖDP. Det fungerar bra i en motor som ska gå på låga varv och med låg last. En motor som ska arbeta på högre varvtal och med hög belastning har ventillyftkurvor med större duration och större överlapp.

Ventillyftet

I data för kamaxlar anges när ventilerna öppnar och stänger. För V2 motorer har man i de flesta fall valt att definiera kamaxelns tider, eller gradtal, vid ett ventillyft på 0,053 tum, 1,346 mm. Hur mycket en ventil ska öppna, bestäms av kamaxelns lyft.

Kamaxel	Kamaxellyft	Ventillyft
Evo 1340 Original	0,295 tum / 7,4 mm	0,472 tum / 11,988 mm
Twin Cam 88 Original	0,290 tum / 7,366 mm	0,490 tum / 12,44 mm
S&S 562 Från 90 CI	0,35 tum / 8,89 mm	0,56 tum / 14,22 mm
S&S 631 Racing över 93 CI	0,39 tum / 9,90 mm	0,63 tum / 16 mm

En ventil i en standardmotor lyfter normalt 1/4 av ventilens diameter. Då är öppningens yta lika stor som ventilens yta. Inloppsventilen till Evo 1340 och TC 88 har en diameter på 46,7 mm vilket motsvarar ett lyft på 11,7 mm. Båda motorerna har dock ett något högre lyft. Högprestandamotorer brukar ha ett lyft upp till 1/3 av ventilens diameter, vilket för samma ventil blir 15,6 mm. En motors slagvolym påverkar valet av ventillyft. En stor slagvolym behöver ett större lyft då större volymer både ska sugas in och tryckas ut. Höga lyft medför en större belastning på ventilmekanismen genom större hastigheter och hårdare

ventilfjädrar. Kamaxeln S&S Cycle 631 lyfter ventilerna 16 mm. Det är 30 % mer än TC 88. Ökningen innebär att belastningen på kamaxeln och övriga delar i ventilmekanismen blir så stora att tillverkaren varnar för den höga förslitning som uppstår. Det innebär i praktiken att man måste kontrollera alla delar efter varje dragacingtävling.

Armen som stötstången påverkar är kortare än armen som ligger an mot ventilskaftet. Förhållandet för en Evo är ca 1:1,65 Anledningen till denna konstruktionslösning är att man vill hålla nere ventillyftarnas och stötstångernas hastighet och på detta sätt minska energiförluster och förslitning. Energiförlusterna är direkt proportionella mot massan men ökar med kvadraten på hastigheten.

Duration

Ordet duration, kan ersättas med öppethållning. Det används för att beskriva hur länge en kamaxel håller en ventil öppen.

Durationen anges normalt vid ett ventillyft på 0,020 tum, 0,508 mm. Det förekommer även att durationen anges vid ett ventillyft på 0,053 tum, 1,346 mm. Observera att durationen mäts i vevaxelgrader vilket innebär att det faktiska gradtalet på lyftsektorn på kammen kommer att vara hälften mot det angivna gradtalet på kamaxeln.

C-kammen är avsedd för Kalifornien och har 178 grader både in och ut. En standard Evo 1340 har 220 in och 202 grader ut. En kam för högre prestanda exempelvis H-D, Inc. Screamin Eagle SE-11 har 246 grader in och 249 grader ut.

Det som bestämmer vilken duration som är lämplig är varvtalet, belastningen och motorns slagvolym. Större duration gör att motorn andas bättre vid höga varv men också att den andas sämre på låga varv. Större motorer klarar större duration än mindre motorer så det som fungerar i en motor på 96 kubiktum fungerar mindre bra i en motor på 80 kubiktum.

Det är vanligt att man har samma duration på båda ventilerna eller att utloppsventilen har en större duration, från några grader upp till max 15 grader. Följande storlek på duration kan ge viss vägledning för en V2 motor av H-D typ.

Vevaxelgrader	Bästa effekt
210-230	Vid låga varv
230-250	I mellanregistret
250-270	Vid höga varv
270-290+	Vid mycket höga varv

En duration över 270 vevaxelgrader är endast användbart i dragacingmotorer över 1800 cm³ dvs. 113 kubiktum.

Ventillyft och duration

När man ökar ventillyftet måste man samtidigt också öka durationen. Anledningen är att stora lyft innebär en kraftig acceleration och retardation av ventilen och övriga delar i ventilmekanismen. Den snabba accelerationen kan i hårt trimmade motorer snarast liknas med en stötblastning. För att hålla dessa krafter på en rimlig nivå så tvingas man att öka durationen.

Överlappet

Det man avser med överlapp är att inloppsventilen öppnar innan utloppsventilen helt har stängt. Anledningen till att använda överlapp är att man vill få in mer bränsleblandning i cylindern. Bakom avgaspelaren som är på väg ut genom utloppet och avgasrören bildas ett undertryck. Om undertrycket finns i cylindern under tiden som inloppsventilen fortsätter att öppna ökar man mängden bränsleblandning som sugas in i cylindern. Man får ytterligare en effekt och det är att kolven bromsas mindre under den uppåtgående rörelsen under utloppstakten. Sammantaget ger det högre effekt. Nackdelen med ett stort överlapp är att gasflödet genom motorn måste ha en viss hastighet, dvs. ett relativt högt motorvarvtal, innan de positiva effekterna erhålls. Vid låga gashastigheter, dvs. låga varvtal, blandas den färskta bränsleblandningen med avgasresterna i cylindern. Det innebär att motorn blir svårstartad och även går dåligt på låga varvtal. För att ett stort överlapp ska ge de beskrivna positiva effekterna krävs att avgasrörens utformning och längd är rätt anpassade. Fel längd på avgasrören kan göra att fördelarna helt försvinner. Ja till och med att resultatet blir sämre än med en vanlig kamaxel. Stora överlapp lämpar sig därför bäst för motorer som är modifierade för dragracing.

Överlappet talar om under hur många vevaxelgrader ventilerna är öppna samtidigt. Vill man ha en motor som drar bra från tomgång och uppåt väljer man en kamaxel som inte har något överlapp alls. Vill man ha en motor som arbetar bra vid höga varv så måste den ha båda ventilerna öppna under en viss period troligen inom området 10-60 vevaxelgrader. Överlappet kan räknas ut genom att man tar summan av inloppsventilens öppnande och utloppsventilens stängning.

Tar vi exemplen från avsnittet om duration så får överlapp enligt följande tabell. Är värdet på överlappet negativt så innebär detta att kamaxeln inte har något överlapp alls. Vi har här som jämförelse lagt till två kammar från S&S Cycle, deras 502 för modifierade motorer och deras 561 för högprestandamotorer. Vi har också med Red Shift 625 för motorer över 90 kubiktum och deras 710 för högprestandamotorer över 100 kubiktum.

Kamaxel	In öppnar FÖDP	Ut stänger EÖDP	Överlapp	Motortyp
Evo 1340 C-kam	-15°	-15°	-30°	Standard
Evo 1340 N-kam	-2°	-9°	-11°	Standard
TC 88 Förgasare	-4°	2°	-2°	Standard
TC 88 Insprutning	4°	2°	6°	Standard
SE-11 i Evo 1340	19°	14°	33°	Modifierad
S&S Cycle 502	28°	24°	52°	Modifierad
S&S Cycle 561	30°	26°	56°	Modifierad
Red Shift 625	33°	28°	61°	Mod. Över 90 CI
S&S Cycle 562	34°	29°	63°	Mod. 96 CI
Red Shift 710	45°	39°	84°	Mod. Över 100 CI

Det är uppenbart att de här kamaxlarna har mycket olika egenskaper och att var och en kräver en total anpassning av motorn för att fungera på avsett sätt. En generell regel för bra effekt i modifierade motorer är att gradtalet för utloppsventilens stängning alltid ska vara mindre än gradtalet då inloppsventilen öppnar.

Kamlobernas separation

Ett annat värde som anges för kamaxlar är kamlobernas separation, som anges i kamaxelgrader. Det är vinkeln mellan inloppsventilens och utloppsventilens maximala lyft uttryckt i kamaxelgrader. En grundregel för kamlobernas separation är att max 106° separation upp till en duration på 250° och max 112° separation upp till 288° duration.

Separationen påverkar överlappet. Kamaxlar med samma duration och kamaxellyft kan ha helt olika separation. Liten separation ger bra vridmoment vid låga varvtal och en stor separation ger hög effekt vid höga varvtal. En egenskap med stor separation är att det ger ett högt vakuum och en bra förgasarfunktion.

Kamprofilen

De data som beskriver en kamaxel säger tyvärr inget om kamprofilen, dvs. dess geometriska form. En mjuk kamprofil kan ha samma data som en som kan betecknas som fyrkantig. Den fyrkantiga har väldigt snabb öppning och når sin maximala öppning väldigt snabbt. Den fyrkantiga kammen har också en mycket snabb stängning. En fyrkantig kam kan ha samma duration som en mjuk kam men har en mycket effektivare duration. Den fyrkantiga kammen medför stora påfrestningar och snabb förslitning på ventilmekanismen genom snabb acceleration och retardation. Kamaxlar med identiska data kan alltså ge motorn olika karaktär på flöden och förslitning. Enda möjligheten att ta reda på kamprofilen är att titta på kamaxlarna och fysiskt jämföra dessa och naturligtvis att provköra.

Inloppsventilens stängning

En viktig tidpunkt – kanske den allra viktigaste – är när inloppsventilen stänger. I detta ögonblick börjar kompressionstakten som sedan övergår till expansionstakten och det är ju då som motorn utför sitt arbete. Stänger ventilen för tidigt så hinner inte tillräcklig bränsle- och luftmängd in i cylindern. Stänger den för sent så trycks bränsleblandningen tillbaka i inloppet och effekt går förlorad. För de kamaxlar som vi tidigare använde som referens så har de följande värden när inloppsventilen stänger. Gradtalen är vevaxelgrader efter NDP mellan inloppstakten och kompressionstakten.

För modifierade motorer innebär ett värde på inloppsventilens stängning på 30° till 45° att motorn fortfarande drar på låga varv och är fullt körbar i stadstrafik.

Tidpunkten då inloppsventilen stänger påverkar också den effektiva kompressionen i cylindern

Kamaxel	In stänger	Motortyp
Evo 1340 C-kam	3°	Standard
Evo 1340 N-kam	30°	Standard
TC 88 Förgasare	43°	Standard
TC 88 Insprutning	35°	Standard
S&S Cycle 502	42°	Modifierad
S&S Cycle 561	47°	Modifierad
Red Shift 625	58°	Mod. Över 90 CI
Red Shift 710	67°	Mod. Över 100 CI

Utloppsventilens öppnande.

Kamaxel	Ut öppnar	Motortyp
Evo 1340 C-kam	3°	Standard
Evo 1340 N-kam	30°	Standard
TC 88 Förgasare	40°	Standard
TC 88 Insprutning	40°	Standard
S&S Cycle 502	50°	Modifierad
S&S Cycle 561	55°	Modifierad
Red Shift 625	64°	Mod. Över 90 CI
Red Shift 710	72°	Mod. Över 100 CI

Utloppsventilen öppnar alltid före det att arbetstakten är helt utförd. Avsikten är att låta en del av det kvarvarande övertrycket i cylinderloppet från arbetstakten läcka över och hjälpa till att spola ut avgasresterna från arbetstakten. Energin i arbetstakten har till övervägande del överförts till vevaxeln och det resterande trycket gör mer nytta i utloppstakten. Utloppsventilen öppnar alltid före det att arbetstakten är helt utförd. Avsikten är att låta en del av det kvarvarande övertrycket i cylinderloppet från arbetstakten läcka över och hjälpa till att spola ut avgasresterna från arbetstakten. Energin i

arbetstakten har till övervägande del överförts till vevaxeln och det resterande trycket gör mer nytta i utloppstakten. Utloppsventilens öppnande för några olika kamaxlar är följande.

I tabellen kan man se att i motorer som ska gå på höga varvtal öppnar utloppsventilen tidigare än i standardmotorer. Evo C-kam som sitter i modellerna som såldes i Kalifornien är extrem då den bara har en öppning på 3 grader. Det är betingat av krav på låga utsläpp och påverkar motorns prestanda på ett negativt sätt.

Öppnar utloppsventilen tidigt så kan man använda en större del av expansionstrycket till att sätta fart på avgaserna. Används med fördel i högvarviga motorer. Nackdelen med en tidig öppning av utloppsventilen är att en större del oförbrända kolväten lämnar motorn.

Justerbar kamaxel

För en högprestandamotor är det värt att prova hur kammen fungerar om den placeras ett par grader före eller efter den rekommenderade positionen. Det vanligaste är att man kan ändra kammens läge plus eller minus fyra vevaxelgrader. Relativt de 720° som utgör motorns fyra takter motsvarar en ändring på 4° cirka 0,5 % relativt de fyra takterna. Kamaxlar till Evo 1340 som medger denna typ av justering tillverkas bl a av Crane Cams.

I det fall någon funderar på att göra en extrem ändring av kamaxelläget och flytta den ett kuggavstånd från sitt normala läge så är detta inte lämpligt att göra. En kugg på Evo 1340 motsvarar en ändring på 1/21-del av 720° alltså 34° vilket gör att motorn absolut inte kommer att fungera.

Kamaxeldata

Company	Andrews	TC 88 Carb
Grind	EV3	Standard
Valve timing	21/37 43/15	4/43 40/2
Duration@ .053	238, 238	219, 222
Duration @ .020	280, 280	N. A.
Valve lift	.495 .495	.469 .469
Overlap at .053	36	-2
Lobe center	98, 104	111, 111
Lobe separation angle	101	N. A.
TDC lift	.197 .159	N. A.
Lifter type	Hyd	Hyd
Spring spacing	Stock	Stock

Vi har som exempel på kamaxeldata valt en kamaxel från Andrews med beteckningen EV3. Kamaxeln är mycket populär för Evo 1340-motorer som har modifierade förgasare och avgassystem. Vi har också som jämförelse tagit med data för en standard TC 88 förgasarmodellen. Vi har hämtat samtliga data, som är mycket utförliga, från en amerikansk källa. Vi utgår här från hur de olika uppgifterna anges på engelska.

Enligt amerikansk standard så skrivs inte nollan ut före decimalpunkten. I Sverige använder vi kommatecken i stället för punkt. Alla måttangivelser är i tum.

Company, Andrews

Företaget som tillverkar eller som marknadsför kamaxeln. Andrews Products, Inc., är en välkänd tillverkare av bl a kamaxlar och växellådsdelar.

Grind EV3

Anger vilken slipning som kamaxeln har och dess modellbeteckning. EV står för Evolution 80 kubiktum och 3 som en identifiering av utförandet. Kamaxeln är av typen "bolt-in", dvs det är bara att montera och ut och köra. I originaltexten anges att kamaxeln passar lätta motorcyklar, ger bra moment i mellanregistret, drar bra upp till 6000 r/min och har bra tomgång.

Valve timing, 21/37, 43/15

Beskriver när ventilerna öppnar och stänger i vevaxelgrader. Inloppsventilens data står först och därefter utloppsventilen. Tidpunkterna anges när kammen lyft 0,053 tum (1,35 mm) och när motsvarande punkt inträffar då kammen är på väg att stänga.

21 (21°) är inloppsventilens öppnande före den TDC (ÖDP) som inträffar mellan utloppstakten och inloppstakten.

37 (37°) är inloppsventilens stängning efter den BDC (NDP) som inträffar mellan inloppstakten och kompressionstakten.

43 (43°) är utloppsventilens öppnande före den BDC (NDP) som inträffar mellan expansionstakten och utloppstakten.

15 (15°) är utloppsventilens stängning efter den TDC (ÖDP) som inträffar mellan utloppstakten och inloppstakten.

Den mycket erfarna tillverkaren av motordelar för bilar och motorcyklar, Edelbrock, brukar ange sina gradtal vid "0 keyway position" vilket innebär vid minsta mätbara förändring från kammens basradie eller kärna.

Duration at .053", 238, 238

Beskriver hur många vevaxelgrader som ventilerna är öppna vid ett lyft på 0,053 tum (1,35 mm). Siffrorna 238 (238°) är inloppsventilens öppethållning uttryckt i vevaxelgrader. De andra siffrorna 238 (238°) är utloppsventilens öppethållning och även den är i vevaxelgrader. En duration på 238 ger bra effekt i lägre mellanregistret.

Duration at .020, 280, 280

Beskriver hur många vevaxelgrader som ventilerna är öppna vid ett lyft på 0,020 tum (0,050 mm). Det innebär att man mäter vid ett mindre lyft än i föregående fall och får då även ett större gradtal. I detta fall 280° in och ut.

Durationen anges i vevaxelgrader. Det innebär att om man vill ha en uppfattning om hur kammens sektor ser ut, rent fysiskt, så måste man halvera det angivna gradtalet. Då ger värdet 0,020 den bästa uppfattningen.

Valve lift, .495, .495

Anger ventilernas maximala lyft i tum för inloppsventilen och för utloppsventilen. Båda har ett lyft på 0,495 tum (12,573 mm). En standard N-kam har ett ventillyft på 11,9 mm. Observera att det är ventillyftet som anges och är 1,62 gånger större än kamaxelns lyft.

Ökningen i ventillyft, med 0,585 mm, medger att man kan använda standardventilfjädrarna utan att de når sin stumma längd. Det moderata lyftet fungerar bra med hydrauliska lyftare. Det är också troligt att avståndet mellan ventilerna och kolvtoppen är så stort så att inte ventilerna tar i kolven. Standardstötstängerna kan troligen också användas. Det bästa är dock att gå över till justerbara stötstänger, när cylinderhuvudena ändå tas bort för kontroll av avståndet mellan kolv och ventiler.

Overlap at .053", 36

Antalet vevaxelgrader, i detta fall 36° som båda inloppsventilen och utloppsventilen samtidigt är öppna. Värdet anges i vevaxelgrader vid ett lyft på 0,053 tum. Överlappet är här mycket rimligt men kan för högprestandamotorer vara upp till ca 60°. Om vi vill flytta ner det användbara varvtalsområdet skulle överlappet troligen hamna inom området 25°-30°. Detta bör jämföras med standardkamaxeln som inte har något överlapp alls.

Lobe Center, 98, 104

Gradtalet, vevaxelgrader, för inloppsventilens och utloppsventilens maximala lyft, dvs. gradtalet vid dess centrumlinje. Inloppsventilen har sitt centrum vid 98° och utloppsventilen vid 104°. Här är det inte frågan om någon specifik mått på lyftet utan här är det gradtalet vid det största lyftet som anges.

98 (98°) är inloppsventilens maximala lyft efter den TDC (ÖDP) som inträffar mellan utloppstakten och inloppstakten.

104 (104°) är utloppsventilens maximala lyft före den TDC (ÖDP) som inträffar mellan utloppstakten och inloppstakten.

Lobe Separation Angle, 101

Vinkeln i grader mellan inloppsventilens och utloppsventilens maximala lyft uttryckt i kamaxelgrader i detta fall 101°.

Vinkeln 101° är ganska vanlig och kan jämföras med 99° för C-kammen som används i Kalifornien och en Evo 1340 som har 108°. Red Shift 575-kam som är en högprestanda kam har en vinkel på 108,5°.

TDC lift, .197, .159

Inloppsventilens och utloppsventilens lyft när TDC mellan utloppstakten och inloppstakten inträffar. Lyftet anges i tum och är in 0,197 (5,003 mm) och ut 0,159 (4,038 mm). Värdena kan ge en uppfattning om kamaxeln har en mjuk eller kantig geometrisk form.

Lifter type, Hyd

Anger att kamaxeln fungerar bra med hydrauliska lyftare.

Spring spacing, Stock

Originalfjädrarna kan användas. Avståndet mellan fjädrarnas trådvarv är tillräckligt stort för att inte fjädrarnas trådvarv ska ta i varandra vid maximalt lyft.

Val av kamaxel

Om du funderar på att byta kamaxel och själv vill jämföra olika kamaxlars data så bör du rita upp kamaxelns data i tabellform och på detta viset jämföra de olika kammarna. Antalet variabler är för stort för att direkt ur en katalog med gradtalen som referenser, göra en riktig jämförelse.

Valet av kamaxel är det kritiska momentet när det gäller att höja effekten i en motor. Man bör göra helt klart för sig vad man vill uppnå i form av effekt, användbart varvtalsområde, körbarhet, följdmodifieringar, ekonomiska ramar m m. innan man väljer kamaxel. Fel val, ofta en för avancerad kam, kan i värsta fall förstöra kolvarna genom för högt lyft. Om inte denna olycka inträffar så kan kamaxeln göra motorn okörbar för vardagsbruk då det användbara varvtalsområdet flyttats uppåt till varvtalsområdet för dragracing.

För den som är intresserad av hur en motor ändrar karaktär vid byte av kamaxel och inte själv har en bromsbänk, massor av tid och pengar kan det vara lämpligt att titta i amerikanska motorcykeltidningar efter sådana modifieringar. Artiklarna brukar redovisa provkörning och vara kompletterade med prov med dynamometer. De beskriver även andra lämpliga åtgärder för att få de bästa köregenskaperna.

Kamaxelbyte Evo 1340

Köp en bok!

Innan du byter kamaxel, köp en H-D Official Factory Manual för din motorcykel. Vid byte av kamaxel är den ett absolut villkor för att alla brickor och delar ska hamna på rätt plats igen. Den är också bra vid alla andra ingrepp i motorn.

Den bästa anvisningen för kamaxelbyte finns i H-D Official Factory Manual. Den har bra bilder och anvisningar och alla verktyg visas.

Följande kan dock ge en uppfattning om hur arbetet kan utföras.

Skaffa alla delar och verktyg innan du börjar kamaxelbytet. Det krävs en del dyra specialverktyg för att klara av arbetet. Det finns tyvärr ingen genväg runt dessa utan de måste finnas till hands. Behovet av specialverktyg kan göra det lämpligt att låta en verkstad utföra kamaxelbytet.

Kamaxeldrivningen, pinion gear, tillverkas av H-D i sju olika storlekar i steg om 0,010 mm för att passa till olika kamaxlar. De olika drivningarna är färgmärkta. H-D säljer även kamaxlar och kamaxeldrivning i kompletta satser. De olika måtten framgår av H-D Official Factory Manual.

Piniondrevet, dvs kugghjulet som driver kamaxeln i alla Evo 1340 har en färgmärkning. Det finns sju färger. Färgmärkningen talar om att pinion-drevet och kamaxeln tillsammans har rätt kuggspel. Kontrollera därför först vilken "färg" du har innan du köper en kamaxel. Köp sedan en kamaxelsats med kam och piniondrev med din färg och byt båda samtidigt.

Motorn kvar i ramen

Lättaste sättet att byta kamaxel är med motorn isärtagen så mycket att man har höger vevhushalva i ett motorstöd. Ska man byta kamaxel i en motor som sitter kvar i ramen så kan man göra på följande sätt.

Bultsax

För att kunna ta ur kamaxeln så måste man lätta på ventillyftarna. Lyftarna pressar i vila mot kammen med kraften i ventiltjädrarna. För att kunna arbeta med kamaxeln måste man först ta bort denna kraft. Originalstötstängerna låser effektivt fast lyftarna. Man måste nästan riva motorn för att kunna plocka bort stötstängerna. Väljer man att efter installationen av den nya kammen använda justerbara stötstänger, så finns det en enklare lösning. Efter det att man tagit bort kåporna över stötstängerna är stängerna åtkomliga. Klipp av stängerna med en bultsax. Sen kan bitarna plockas bort och placeras i skrotlådan.

Popnitar

Nästa steg är att borra ur popnitarna som håller locket till tändningssensorn. Markera tändläget med en penna innan tändplattan tas bort. Det ger rätt grundinställning av tändningen när motorn senare ska startas. För att kunna ta bort kamaxelkåpan så måste man på vissa modeller ta bort stången till bakbromsens huvudcylinder. Kamkåpan kan nu tas bort. Ta bort lyftarhusen med lyftarna på plats. Låt lyftarna sitta kvar i husen i samma läge som tidigare.

Specialverktyg

Kamaxeln kan nu tas ut. Kvar i vevhusgaveln sitter nu ett rullager. Lagret måste också bytas. För att få ut lagret används ett specialverktyg. H-D har ett eget verktyg Part No 42928 eller Jims No. 95760-TB. I standardutförande har lagret 19 rullar. På eftermarknaden finns rullager som har 28 rullar. Det senare lagret klarar bättre högre belastningar. För att få det nya lagret på plats krävs ytterligare användning av specialverktyg. H-D:s tidigare nämnda verktyg kan användas även till monteringen. Använder man Jims så får man komplettera med verktyg No.2188.

Det är också lämpligt att byta den roterande vevhusventilen, eng. breather, som i original är av plast mot en av metall. Kontrollera att axialspelet med yttre packningen på plats är 0,025 till 0,25 mm.

Nya kamaxeln

Har du köpt en kamaxelsats med kam och pinion-drev med din "färg" så kan du hoppa över följande moment.

Innan den nya kamaxeln monteras så måste diametern på kugghjulet mätas. Man mäter med mikrometer över två trådar placerade i kugghjulet tandluckor. Trådarnas diameter är 2,74 mm, 0,108 tum. Jims säljer mättrådarna som verktyg No. 1111. Är kamaxeln äldre än 1990 ska mättrådens diameter vara 0,105 tum. Om diametern på den gamla kamaxeln och den nya är inom 0,010 mm så fungerar det. Om skillnaden är större så måste man även byta drevet på vevaxeln.

Kontrollera att kamaxelns axialspelet överensstämmer med den gamla kamaxeln. Kamaxeldrivningen, Pinion Shaft Gear, på vevaxeln "limmas" med ett par droppar Loctite 262 (röd) och dras fast med 47-61 Nm.

Vid monteringen så måste märkena på de olika delarna, kamaxeln, drevet på vevaxeln och vevhusventilen stämma mot varandra.

Smörj rullagret och de övriga delarna med motorolja. Sätt tillbaka kamaxelkåpan med packningen. Dra fast kåpan med momentet 10,2-13,6 Nm. Kontrollera kamaxelns axialspelet genom hålen där lyftarhusen ska sitta.

Ta bort kamaxelkåpan och kamaxeln. Smörj hjulen på lyftarna och montera tillbaka lyftarhusen med lyftarna på plats. Montera nya packningar till lyftarhusen. Pensla packningarna med en tätningspasta. Montera kamaxeln. Byt den gamla yttre packboxen mot en ny.

Justera stötstängerna

Man bör utföra följande moment med viss varsamhet. Om en stötstång är för långt urskruvad innebär det att man kan kröka stången när man vrider runt bakhjulet. Det finns även risk att vipparmen går för långt ner och skadar ventiltätningen.

Justera alltid stötstängerna enligt tillverkarens anvisningar!

Normalförfarandet är följande. Skruva ur tändstiften och roterar motorn genom att rotera bakhjulet med en hög växel ilagd. Ställ främre kolven så att stötstängerna till främre cylindern är sina lägsta positioner. Kolven är då i TDC i expansionstakten. Kontrollera läget genom att känna av kolvens läge i cylindern med en skruvmejsel. Skruva isär stötstången så att den kan roteras med fingrarna. Öka stötstångens längd ett varv. Oljan börjar nu pressas ur lyftaren genom kraften i ventilfjädrarna. Tar några minuter. Vänta till stötstången kan roteras med fingrarna. Öka stötstångens längd ytterligare ett varv. Vänta några minuter. När stötstången inte längre kan roteras med fingrarna är lyftaren tömd. Hela proceduren kan ta 10 till 15 minuter. Justera stötstängerna tills de precis kan roteras med fingrarna. Lås läget med låsmuttern. Justera den andra stötstången till främre cylindern. Upprepa justeringen för den bakre cylindern. Den bakre kolven ska nu stå i TDC i expansionstakten. Kontrollera arbetet genom att ställa främre kolven i TDC och att stängerna till den främre cylindern kan roteras med fingrarna. Gör även en extra kontroll av den bakre cylindern.

Montera tillbaka alla resterande delar utom kåpan som täcker tändningssensorn och justerplattan. Kör motorn några varv på startmotorn med tändstiften borttagna. Detta för att få olja till hydraullyftarna innan motorn startas. Det som är kvar är att justera är tändningen, som troligen har hamnat ur läge några grader. Det gör man med motorn igång och med hjälp av en stroboskoplampa. Montera tillbaka plattan som täcker tändningssensorn.

Oljebyte

Det är lämpligt att efter några mils körning byta oljefilter och oljan i motorn. Detta för att få bort alla metallslitpartiklar som kommer från de nya delarna som monterats.

Kamaxelljud

Har man bytt standardkamaxeln i en Evo 1340 till en något vassare kamaxel så har man också ökat den mekaniska ljudnivån från ventilmekanismen. Standardkamaxelns kammar har mjuka ramper och påverkar ventilmekanismen långsammare, dvs. lägre acceleration och retardation, och har därför lägre ljudnivå. Den något högre ljudnivån från en vassare kam är inte skadligt för motorn.

Missljud

Missljud från kamaxeln och kamaxeldrivning kan vara av två slag. Detta förutsätter dock att ljudet inte kommer från de hydrauliska lyftarna.

Ena ljudet är ett tickande, som uppstår då spelet mellan drevet på kamaxeln och kamaxeldrivningen är för stort. Ljudet uppstår då lyftaren passerat kammens högsta punkt. Ventiltjädrarna pressar lyftaren mot kamloben och när kamaxeln passerar högsta punkten trycker ventiltjädrarna kamaxeln mot den andra kuggflanken. Ett kugghjulspel över 0,05 mm brukar höras. Ett för stort glapp påverkar inte negativt motorns funktion men ökar förslitningen på kugghjulen.

Den andra typen av ljud är ett vinande eller malande ljud. Ljudet uppstår då kuggspelet är för litet. Ett visst vinande ljud förekommer alltid från rakskurna kuggjulstransmissioner. Kan ljudet karakteriseras som ett malande ljud så kommer ljudet från för höga belastningar på lager och kuggjul. Det är då bara att plocka isär och byta kamaxeldrivningen.

Kamaxelbyte Twin Cam 88

För närvarande har vi ingen erfarenhet av kamaxelbyte i TC 88.