

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ

Digitalizace kontroly šroubových spojů
Štěpán KNAPP

Diplomová práce

2022

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN
PRAGUE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

Digitalization of Inspection the Screwed
Joints

Štěpán KNAPP

Diploma Thesis

2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Knapp** Jméno: **Štěpán** Osobní číslo: **466589**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**
Studijní program: **Výrobní inženýrství**
Specializace: **Bez specializace**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Digitalizace kontroly šroubových spojů

Název diplomové práce anglicky:

Digitalization of inspection the screwed joints

Pokyny pro vypracování:

1. Analýza současného stavu kontroly šroubových spojů ve výrobě vozů a komponentů
2. Definice potřebného vybavení pro vyšší úroveň digitalizace kontroly šroubových spojení
3. Návrh nového způsobu zpracování, vyhodnocení, monitoringu a reportingu dat
4. Realizace projektu a vyhodnocení přínosů

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Jan Urban ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **15.03.2022**

Termín odevzdání diplomové práce: **29.07.2022**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Jan Urban
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Libor Beránek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, SW atd.), které jsou uvedeny v příložených seznamech.

V Praze dne.....

Podpis autora.....

Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Janu Urbanovi za odborné vedení mé diplomové práce, také za cenné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat. Mé poděkování patří též společnosti ŠKODA Auto a.s., konkrétně pracovníkům Šroubového centra, za poskytnutí zázemí pro realizaci této práce.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce nejprve seznamuje s problematikou šroubových spojů obecně, poté popisuje jejich řádnou kontrolu na poli automobilového průmyslu ve Škoda Auto. Dále je pozornost věnována nástrojům, které jsou potřebné pro digitalizaci, porozumění funkci kvality, strategii společnosti a obecnému přístupu k digitalizaci. Stěžejním obsahem je pak popis dosavadního stavu samotné kontroly šroubových spojů a navazuje představení digitalizovaného procesu. Závěrem je pak provedeno vyhodnocení celého projektu digitalizace s přínosy i nedostatky, a také návrhy na další možné vylepšení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Digitalizace, šroubové spoje, kontrola procesu, utahovací moment, Průmysl 4.0, kontrolní dotahovací moment

ABSTRACT

This diploma thesis at first acquaints with the issue of screw connections in general, then describes their proper control at automotive industry in Škoda Auto. Furthermore, attention is directed to the tools that are needed for digitization, understanding the quality function, company strategy and approach to digitization in general. The main content is a description of the current state of the inspection of screw joints and follows the introduction of the digitized process. Finally, an evaluation of the entire digitization project with shortcomings is made, as well as suggestions for further possible improvements.

KEY WORDS

Digitization, bolted joints, process control, tightening torque, Industry 4.0, control tightening torque

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Vnitřní a vnější závit [5]	14
Obrázek 2 Šroubovice vyjádřená geometricky [4]	15
Obrázek 3 Přehled závitů [7]	16
Obrázek 4 Síly ve šroubovém spoji [2].....	17
Obrázek 5 Graf závislosti utahovacího momentu na úhlu (Typické závady) [2]	18
Obrázek 6 Spoj kontaminovaný voskem [2].....	19
Obrázek 7 Utahovací křivka pro kontaminovaný spoj [2].....	19
Obrázek 8 Hlášení analýzy řešení závad utahování šroubových spojů [2]	19
Obrázek 9 Struktura Škoda Auto [9].....	21
Obrázek 10 Systémy řízení [9].....	21
Obrázek 11 Certifikované a implementované systémy řízení [9].....	22
Obrázek 12 Strategie Škoda Auto [9]	23
Obrázek 13 Základní principy politiky Škoda Auto [9]	23
Obrázek 14 Model procesu organizační jednotky [9]	25
Obrázek 15 Procesní a organizační dokumentace [9]	25
Obrázek 16 Struktura auditů [9]	26
Obrázek 17 Demingův cyklus PDCA [9].....	26
Obrázek 18 Cyklus monitoringu a řízení šroubovacích procesů [14]	30
Obrázek 19 Sbírané informace o spojích [14].....	31
Obrázek 20 Graf závislosti úhlu utažení na momentu utažení (fáze utahování) [14]	32
Obrázek 21 Průběh náměru v závislosti momentu na úhlu [14]	34

Obrázek 22 Vlevo - stanovení kontrolního dotahovacího momentu; vpravo – efekt statického tření při stanovení dotahovacího momentu	35
Obrázek 23 STbench.....	39
Obrázek 24 Cyklus kontroly řízeného nářadí utahovaček [19]	40
Obrázek 25 STWrench	42
Obrázek 26 Řídící jednotka	42
Obrázek 27 RBU [20].....	43
Obrázek 28 Hlava smartHead	43
Obrázek 29 Akumulátor	44
Obrázek 30 Uživatelské rozhraní [20]	44
Obrázek 31 Displej STwrenche [20].....	45
Obrázek 32 STpad [21].....	46
Obrázek 33 STpad - hlavní menu	47
Obrázek 34 Základní menu QASupervisor	49
Obrázek 35 Prostředí SW QASupervisor	49
Obrázek 36 Zadání spoje v SW chy.stat	50
Obrázek 37 Výsledná karta v SW chy.stat	51
Obrázek 38 Základní požadavky na spolehlivé šroubovací procesy ..	59
Obrázek 39 SWOT analýza	60
Obrázek 40 Schéma toku dat z měření.....	62
Obrázek 41 Nastavení karty spoje v chy.statu.....	64
Obrázek 42 Schéma tvorby spoje v QASupervisoru.....	65
Obrázek 43 Zadání spoje.....	66
Obrázek 44 Zadání prohlídky	67
Obrázek 45 Zadání cesty.....	68

Obrázek 46 Párovací sekvence	70
Obrázek 47 Náměry v STpadu.....	70
Obrázek 48 Graf náměru v STpadu (QAInspector)	71
Obrázek 49 Výsledky z měření v QASupervisoru.....	71
Obrázek 50 Informace o měření	71
Obrázek 51 Graf 3. náměru v uvedeném příkladu (závislost utahovacího momentu na úhlu).....	72
Obrázek 52 Graf náměrů zobrazený v chy.statu (závislost utahovacího momentu na počtu náměrů)	73
Obrázek 53 Výsledná karta v chy.statu	74
Obrázek 54 Náhled měření v chy.statu.....	75

Obsah

ÚVOD	12
1 Šroubové spoje, geometrie a typy šroubů	13
1.1 Konstrukce šroubových spojů	13
1.2 Závity	13
1.3 Druhy závitů.....	15
1.4 Analýza závad ve Škoda Auto.....	17
1.5 Typické závady.....	18
2 Koncepce kvality ve Škoda Auto	20
2.1 Politika společnosti Škoda Auto a.s.....	22
2.2 Cíle společnosti	23
2.3 Řízení společnosti	24
2.4 Dokumentace	25
2.5 Audity IMS	26
2.6 Metody kvality.....	27
3 Monitoring a řízení šroubovacích procesů ve Škoda auto a. s.	30
3.1 Parametrizace EC šroubovacího nářadí	31
3.2 Kontrola procesu utažení – M_{NA1} , M_{NA2} (kontrolní dotahovací moment)	32
3.3 Dále jsou testovány další parametry	36
4 Definice potřebného nářadí a vybavení	38
4.1 STbench	39
4.2 STwrench	41
4.3 STpad.....	46

4.4	STpalm	48
4.5	QA Supervisor	48
4.6	Chy.stat MKD.....	50
5	Průmysl 4.0	52
5.1	Pojmy a nástroje průmyslu 4.0	53
5.2	Příležitosti průmyslu 4.0	55
5.3	Rizika průmyslu 4.0.....	56
6	Digitalizace kontroly šroubových spojů	58
6.1	Cíle projektu digitalizace.....	58
6.2	Současný stav	59
6.3	SWOT analýza projektu	60
6.4	Realizace projektu	61
6.5	Experimentální prezentace digitalizovaného procesu. 63	
6.5.1	Definice spoje v rámci SW chy.stat	64
6.5.2	Definice a nastavení spoje v rámci SW QASupervisor	65
6.5.3	Příprava STpadu a párování STwrenche	69
6.5.4	Výsledky měření	70
7	Vyhodnocení Projektu.....	76
7.1	Přínosy digitalizované kontroly	76
7.2	Nedostatky a problémy projektu	77
7.3	Návrhy na zlepšení.....	77
8	Závěr	79
9	Citovaná literatura.....	80
10	SEZNAM PŘÍLOH.....	85

ÚVOD

Součástí průměrného osobního automobilu je asi 3500 šroubových spojů. Ty se dále rozlišují podle kategorie bezpečnosti, typu montáže, materiálu, umístění atd. Vzhledem k tomu, že některé spoje jsou přímo závislé na bezpečnosti zákazníků, je nutné tyto spoje nejenom správně utáhnout, dle předepsaných kritérií konstruktéra, ale také hodnotit celý proces montáže. Šroubový spoj podléhá různým vlivům a může zrelaxovat, na místě je proto zavedená kontrola, kterou v této práci popisují.

V dnešní době je však zásadní, z hlediska konkurenceschopnosti a nároků na bezpečnost a kvalitu, jednotlivá měření napříč průmyslem v rámci dostupných možností, digitalizovat. Tak je tomu i u studované problematiky šroubových spojů. Rozsah kontroly předepsaných podmínek pro sledování a archivace dat je tak široký, že vybízí k digitalizaci.

A právě digitalizaci kontroly šroubových spojů se v této práci věnuji.

1 ŠROUBOVÉ SPOJE, GEOMETRIE A TYPY ŠROUBŮ

Pro práci se šroubovými spoji je třeba pochopit jejich základní typy, principy a funkce. Neustále vznikají nová šroubová spojení s větším množstvím specifikací, aplikací. Nicméně základní principy fungují řadu let. [1]

Některé typy spojů nalezneme už ve starověkém Římě. Protože náklady na výrobu takových spojů byly velmi vysoké, používali se pouze v klenotnictví, případně pro výrobu lékařských nástrojů. [1]

Dnes je situace zcela odlišná, závitové spoje jsou velmi rozšířené. Například osobní automobil obsahuje až 3 500 šroubových spojů. [2]

Šroubové spoje jsou nejrozšířenějšími konstrukčními prvky, většinou jsou složeny ze šroubů, matic a podložek. Nejčastěji se šrouby používají pro přímé spojení dílů, jsou to tzv. spojovací šrouby. [1]

Šroubové spoje jsou ze své podstaty rozebíratelné, tedy je možné je rozmontovat a oddělit i po utažení. Naproti tomu spoje nerozebíratelné, mohou být lepené, pájené, svařované, nýtované, či tlakové a rozmontovat je není možné. K rozebíratelným spojům dále také řadíme klínové, perové, čepové, kolíkové, svěrné či pružné spoje. [3]

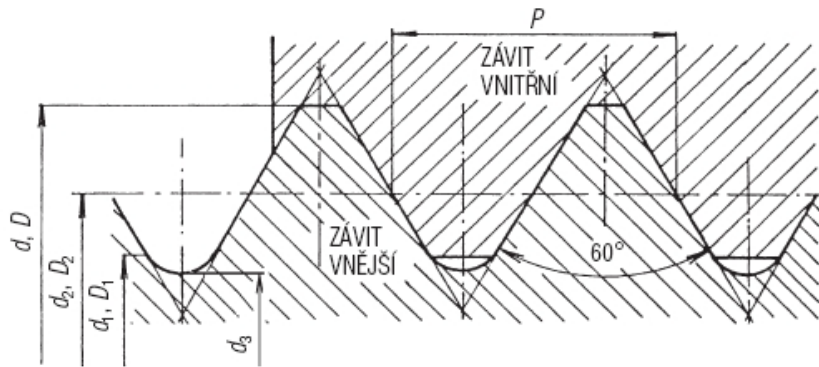
1.1 Konstrukce šroubových spojů

Jedná se o rozebíratelné, nepohyblivé spojení dílů. Díly jsou fixovány třecími silami. Šrouby jsou namáhány na tah a stříh, tzn. šroub vyvolá třecí sílu působící v ose, tedy normálovou. [2]

1.2 Závity

Závitem se rozumí konstrukční prvek podléhající normalizaci, nachází se ve spojích rozebíratelných, respektive takových, které lze mechanicky oddělit, anebo ve spojích, které se pohybují. Tvar závitu se řídí jeho profilem a zpravidla se nachází na válcovité ploše.

Na obr. 1 je vidět metrický závit (šroub a matice), přesně popsany normou ISO (International Organization for Standardization – mezinárodní organizace pro standardizaci, dále jen ISO). Jedná se o ilustrativní obrázek, reálně se pak používají i závity odlišných typů (tvarů, rozměrů atd.). [4]



Obrázek 1 Vnitřní a vnější závit [5]

Důležitým parametrem je šroubovice, jedná se o poměr mezi příslušným úhlovým natočením a osovým posunutím. Jakýkoliv bod na profilu šroubovice má zcela totožnou osu rotace, a také často udávané a konstrukčně důležité stoupání P_h .

Výpočet stoupání dán vztahem:

$$P_h = \pi \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi = n \cdot P \quad (1)$$

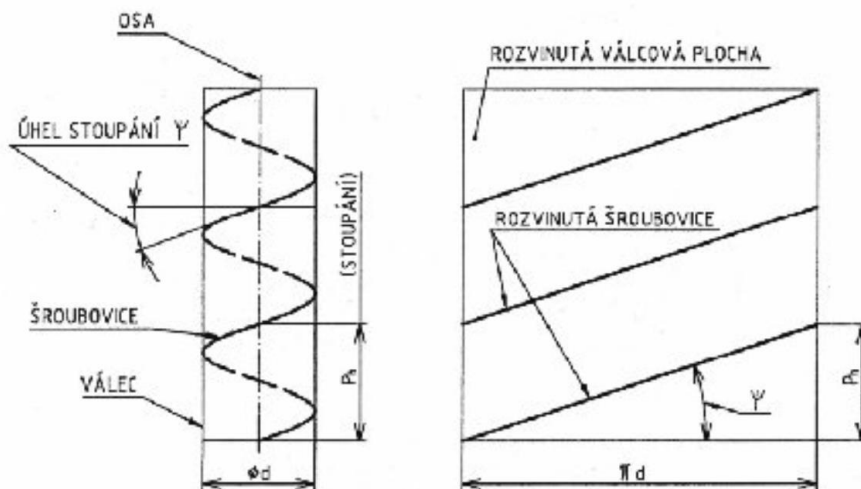
- kde: P_h [mm] - stoupání závitu
 d_2 [mm] - střední průměr závitu
 n [-] - počet závitů
 P [mm] - rozteč závitu
 φ [°] - úhel stoupání závitu. [6]

Za předpokladu, že bychom válcovitou plochu rozvinuli do roviny, dostaneme přímku, ta pak bude svírat úhel stoupání s rovinou kolmou na osu rotace. [6]

Dáno vztahem:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \left(\frac{n \cdot P}{\pi \cdot d_2} \right) \quad (1)$$

Válcovitá geometrie šroubovice je znázorněna na následujícím obr. 2:



Obrázek 2 Šroubovice vyjádřená geometricky [4]

Závity mohou být orientovány jako pravé či levé. Levé závity však bývají využívány převážně pro speciální aplikace, jako jsou například plynové zásobníky, kde je využití levého závitu voleno z důvodu zvýšené bezpečnosti. Zároveň můžeme závity rozdělit na jednochodé nebo vícechodé. U závitů jednochodých je hodnota stoupání závitu P_h rovna rozteči závitu P . U závitů vícechodých jde o několik šroubovic za sebou ve vzdálenosti rozteče P . [6]

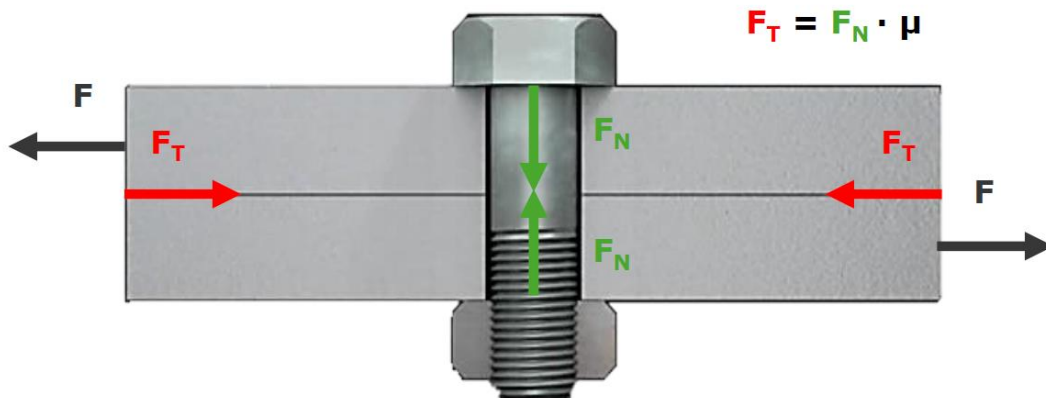
1.3 Druhy závitů

Dělení závitů je závislé především na profilu. Závity jsou normovány, využívají různé geometrie a mají odlišené značení, či použití. V následující tabulce (obr. 3) je přehled závitů včetně jejich rozsahu a normy, která je definuje. [2]

Typ závitů	Popis	Rozsah	Výrobní norma / DIN
BSF	whitworth jemný	BSF 3/16" - BSF 1"	BS 84
BSW	whitworth	BSW 1/8" - BSW 2"	BS 84
G	trubkový	G 1/6" - G 6"	DIN EN ISO 228
M	metrický	M0.5 - M68	DIN 13
MF	metrický jemný	M1.0 - M250	DIN 13
NPT	trubkový - kuželový 1:16	NPT 1/16" - NPT 4"	ASME B1.20.1
NPTF	trubkový jemný - kuželový 1:16	NPTF 1/16" - NPTF 3"	ANSI B1.20.3
Pg	pancéřový	Pg 7 - Pg 48	DIN 40430
R	trubkový	R 1/8" - R 4"	DIN 2999 ISO 7 a DIN EN 10226
UN	palcový unifikovaný	UN 1" - UN 2"	ANSI / ASME B1.2
UNC	palcový unifikovaný	UNC Nr. 1 - UNC 4"	ANSI / ASME B1.2
UNF	palcový unifikovaný jemný	UNF Nr. 0 - UNF 1 1/2"	ANSI / ASME B1.1
UNS	palcový unifikovaný speciál	UNS 1/4"	ANSI / ASME B1.1
UNEF	palcový unifikovaný extra jemný	UNEF Nr. 12 - UNEF 1 11/16"	ANSI / ASME B1.2
UNJC	palcový unifikovaný	UNJC Nr. 2 - UNJC 7/16"	ISO 3161, ASME B1.15
UNJF	palcový unifikovaný jemný	UNJF Nr.4 - UNJF 1"	ISO 3161, ASME B1.15
Tr	trapezový	Tr 8 - Tr 60	DIN 103

Obrázek 3 Přehled závitů [7]

Způsoby utahování šroubových spojů jsou pro odlišné spoje různé. Je tomu tak proto, že šroub musí při utažení překonat různé třecí síly v závislosti na materiálu šroubu či spojovaného materiálu a dosáhnout tak odpovídající předepínací síly závislé na pružnosti a pevnosti. Utahovací moment je tak závislý na těchto parametrech, viz obr. 4. Jen asi 10 % utahovacího momentu tvoří předepínací sílu při tření šroubu (μ) 0,08 až 0,16. [2]



Obrázek 4 Síly ve šroubovém spoji [2]

Ve společnosti Škoda Auto se spoje kategorizují na tři typy a musí být uvedeny ve výkresové dokumentaci nebo v PDM (Product Data Management – Správa dat o produktu, dále jen PDM) listech.

- Kategorie A – Riziko, ohrožení života nebo úrazu
- Kategorie B – Vedoucí k poruše, ohrožení funkčnosti
- Kategorie C – Nekritické, vedoucí ke zhoršení pro zákazníka

Kategorie nemají vliv na kvalitu spoje. [8]

1.4 Analýza závad ve Škoda Auto

Ve Škoda Auto se šroubové spoje analyzují dle následujících obecných bodů. Jejich chronologie se může měnit podle typu problému.

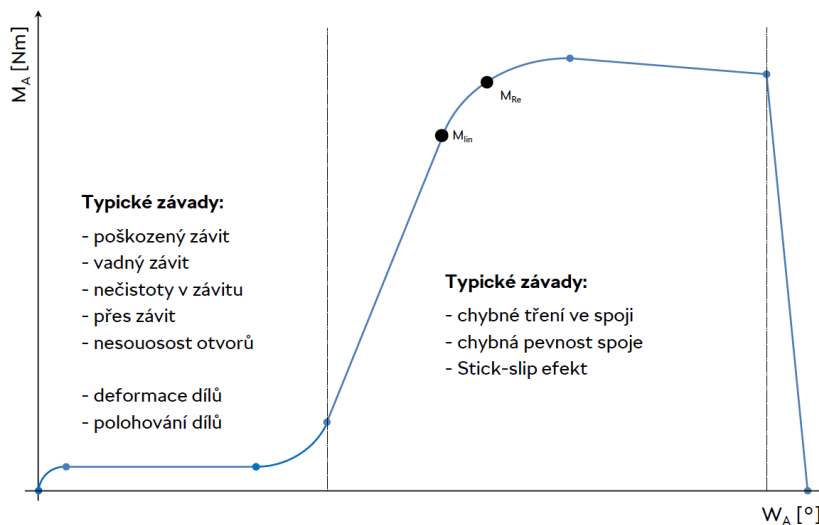
- Bylo dosaženo požadovaného předpětí = proběhl proces utahení korektně?
- Bylo dosaženo konečných hodnot M_A (utahovací moment), W_A (utahovací úhel)?
- Byl dodržen utahovací postup pod nebo přes mez kluzu?
- Splňují jednotlivé fáze utahení předepsané podmínky?

Potom se přechází k Analýze šroubovací křivky.

Pokud křivka není, kontroluje se status utahení a revize kontrolních parametrů.

- Jsou spojovací prvky (šroub, matice) v pořádku?
- Tření v závitech a pod hlavou – třecí přímky
- Pevnost v tahu – tahová křivka (pokud nelze, potom tvrdost)
- Rozměrovost šroubu a matice – závitů a dosedací plochy pod hlavou
- Metalografická zkouška [2]

1.5 Typické závady



Obrázek 5 Graf závislosti utahovacího momentu na úhlu (Typické závady)
[2]

- Tření v závitech a pod hlavou
- Pevnost v tahu
- Rozměrovost šroubu a matice
- Tvar dosedací plochy pod hlavou [2]

Vše je znázorněno křivkou v grafu na obr. 5.

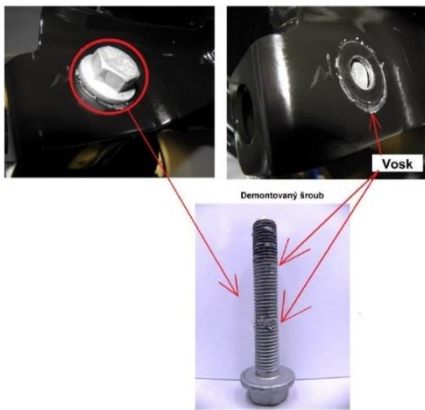
Příklad analýzy šroubového spoje

$M_A = 70 \text{ Nm} + 180^\circ \text{ AW11}$ (utažení na moment a úhel)

M_A ; W_A dosažen, není povoleno M_I (dosažený moment utažení)

M_A ; W_A i utahovací způsob AW11 splněny

Spoj je kontaminován voskem, viz. obr. 6 [2]

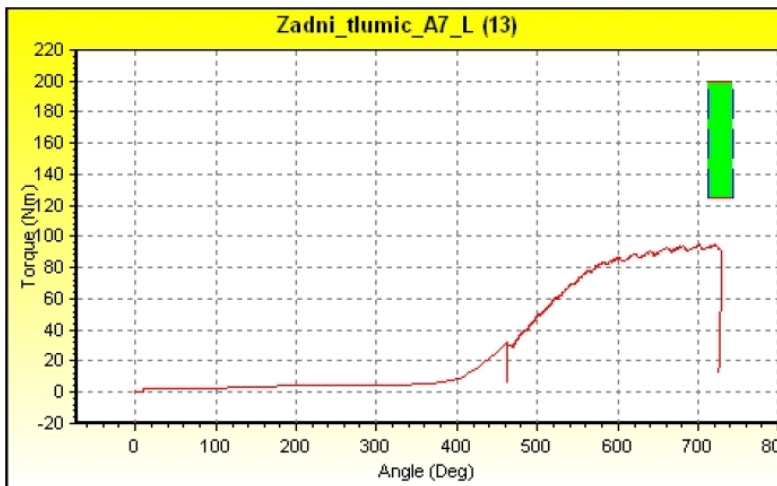


M_A – utahovací moment

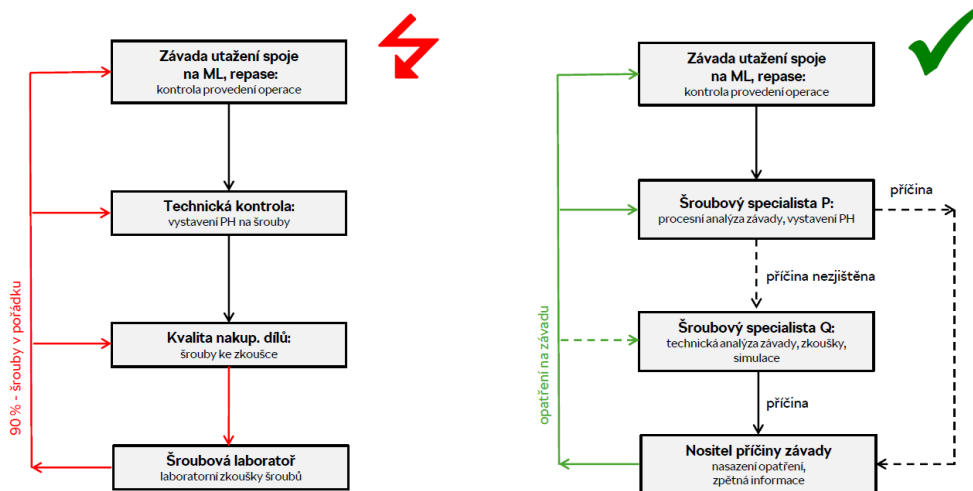
W_A – utahovací úhel

Obrázek 6 Spoj kontaminovaný voskem [2]

Dále analýza v grafu na obr. 7. A dále postup hlášení problému ve Škoda Auto na obr. 8.



Obrázek 7 Utahovací křivka pro kontaminovaný spoj [2]



Obrázek 8 Hlášení analýzy řešení závad utahování šroubových spojů [2]

2 KONCEPCE KVALITY VE ŠKODA AUTO

Vzhledem k tomu, že předmětem digitalizace v rámci této diplomové práce je procesní měření, resp. kontrola procesu, rozhodl jsem se zde uvést informace o koncepci kvality a přístupech, jaké jsou ve společnosti Škoda Auto nastaveny.

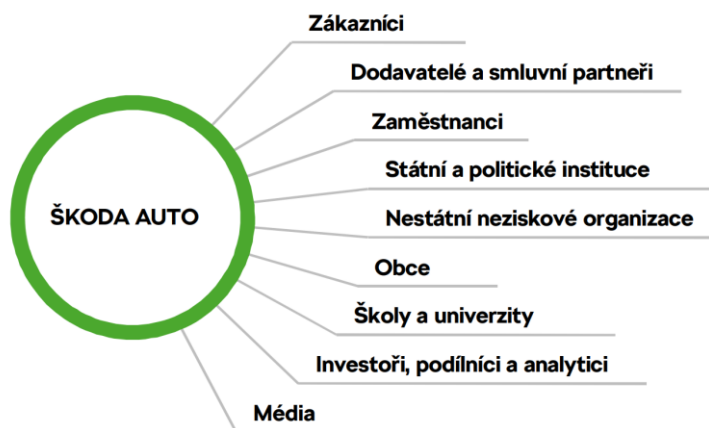
Škoda auto využívá tzv. integrovaného systému řízení (IMS - integrated management systém, dále jen IMS). IMS popisuje kompetence procesů a jejich vzájemné vazby ve společnosti. [9]

Společnost Škoda Auto je jedním z nejstarších výrobců automobilů na světě. Počátek činnosti vztahuje k roku 1895, kdy Václav Laurin a Václav Klement položili základy více než stoleté tradice výroby českých automobilů. Pozice společnosti je nadále silná i díky tomu, že je již 30 let součástí koncernu Volkswagen. [9]

Sídlo společnosti je v Mladé Boleslavi, kde se zároveň nachází také jeden z mnoha jejích výrobních závodů. [9]

Předmětem podnikatelské činnosti společnosti je zejména vývoj, výroba a prodej automobilů, komponentů, originálních dílů, příslušenství značky Škoda s poskytováním servisních služeb. [9]

V rámci IMS mohou mít vliv požadavky tzv. zainteresované strany nebo tyto strany mohou být činnostmi společnosti ovlivněny. Zainteresované strany mohou mít požadavky na kvalitu produktu, ekonomický a ekologický provoz, vzájemně prospěšné obchodní vztahy, vhodné pracovní podmínky a prostředí, odpovídající hodnocení, dodržení právních požadavků, minimální dopady na životní prostředí, zisk atd. Relevantní požadavky těchto stran jsou implementovány do procesů a dokumentace. Rozpad zainteresovaných stran vizualizuje obr. 9. [9]



Obrázek 9 Struktura Škoda Auto [9]

IMS je způsob vedení společnosti, který splňuje požadavky na jednání společnosti v souladu s právními a jinými předpisy, na zajištění kvality výrobků a řídicích procesů, na ochranu životního prostředí a hospodaření s energiemi, na bezpečnost informací a péči o hmotný i nehmotný majetek. IMS identifikuje, zavádí a pomáhá standardizovat a neustále zlepšovat procesy, které vedou k dosahování a zlepšení výsledků společnosti v zájmu naplnění strategie a politiky společnosti. Systém řízení ve Škoda Auto je vidět na obr. 10. [9]



Obrázek 10 Systémy řízení [9]

CERTIFIKOVANÉ SYSTÉMY ŘÍZENÍ	ZKRATKA	POŽADAVKY
Systém řízení kvality	QMS	EN ISO 9001 VDA 6.1 v OJ „Výroba komponentů“ VDA 6.4 v OJ „Výroba nářadí“
Systém compliance environmentálního řízení	ECMS	dle ISO 14001 a KRL.0.17
Systém managementu hospodaření s energií	EnMS	EN ISO 50001
Systém bezpečnosti a ochrany zdraví při práci	BOZP	ISO 45001
Systém řízení bezpečnosti informací	ISMS	ISO/IEC 27001
Systém řízení kybernetické bezpečnosti	CSMS	UN R155
Systém řízení aktualizace softwaru	SUMS	UN R156
Systém řízení údržby železničních nákladních vagonů a Společná bezpečnostní metoda pro hodnocení a posuzování rizik	ECM	nařízení komise EU č. 2019/779 a 402/2013
IMPLEMENTOVANÉ SYSTÉMY ŘÍZENÍ	ZKRATKA	POŽADAVKY
Compliance management system	CMS	
Integrity management system	InMS	
Systém řízení rizik a vnitřní kontrolní systém	RMS/ICS	
Systém řízení shody produktu	PCMS	
Recyklovatelnost vozu		směrnice EU 2009/1/ES a 2005/64/ES
Výrobní systém ŠKODA	VSŠ	
Oprávněný hospodářský subjekt	AEO	
Systém prevence závažných havárií	PZH	Zákon ČR č. 224/2015 Sb.

Obrázek 11 Certifikované a implementované systémy řízení [9]

Všechny systémy řízení na obr. 11 jsou certifikovány dle normy ISO 19 600, která upravuje pravidla právnických osob zodpovědných za tento proces.

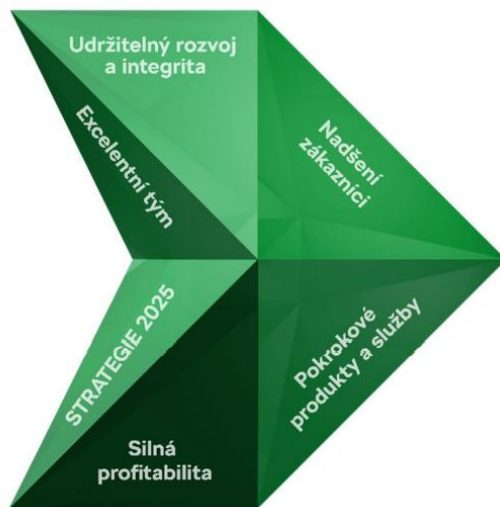
Využití systému IMS má hned několik přínosů, mezi které patří jednoznačně definované procesy, činnosti a kompetence zaměstnanců. Dále je to efektivita a realizace zpětné vazby, jednotný systém řízení rizik a zajišťování neustálé kvality produktů společnosti. Zajišťování ochrany lidských životů, zdraví a majetku, možnosti získání certifikátů a schválení od nezávislých společností, které ověřují, jestli společnost akceptuje a realizuje požadavky a nařízení zainteresovaných stran. [9]

IMS platí pro všechny organizační jednotky společnosti Škoda Auto a.s. Pracuje s celým životním cyklem produktu, od procesu vývoje až po servis a likvidaci produktu po ukončené životnosti. [9]

2.1 Politika společnosti Škoda Auto a.s.

Je to prohlášení vedení společnosti o závazcích, které vycházejí z koncernové strategie Volkswagen viz. obr. 12. Závazky se vztahují ke společné compliance (dodržování, shoda), kvalitě systému, procesů a výrobků, ochraně životního prostředí a majetku, prevenci závažných

havárií, úsporám energií, bezpečnosti práce a bezpečnosti informací. Navazuje na Etický kodex skupiny Škoda Auto. [9]



Obrázek 12 Strategie Škoda Auto [9]

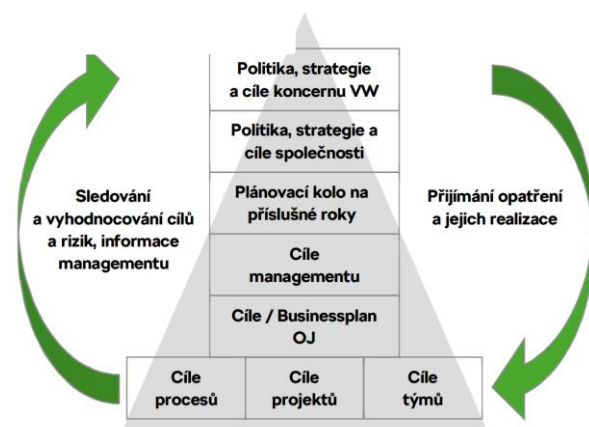
2.2 Cíle společnosti

Vycházejí z politiky a z koncernové strategie. Všechny činnosti se strategicky plánují na celý následující rok. [9]

Zaměstnanci jsou motivováni systémem finančního odměňování, společně s benefity. [9]

Při formulaci stanovení cílů se zohledňuje společenská odpovědnost, postavena na třech pilířích: ekonomické, sociální a enviromentální. [9]

Znázornění základních principů na obr. 13:



Obrázek 13 Základní principy politiky Škoda Auto [9]

2.3 Řízení společnosti

Společnost uplatňuje 3 formy řízení: hierarchické, projektové a procesní. [9]

Pokud se týká hierarchického řízení, je společnost řízena představenstvem společnosti a rozděluje se do organizačních jednotek:

Oblast G – Oblast předsedy představenstva

Oblast F – Finance a IT

Oblast V – Prodej a marketing

Oblast P – Výroba a logistika

Oblast E – Technický vývoj

Oblast S – Řízení lidských zdrojů

Oblast B – Nákup [9]

Dále pak u řízení projektového je zavedena organizace produktových řad. [9]

G1 – Produktová řada Small

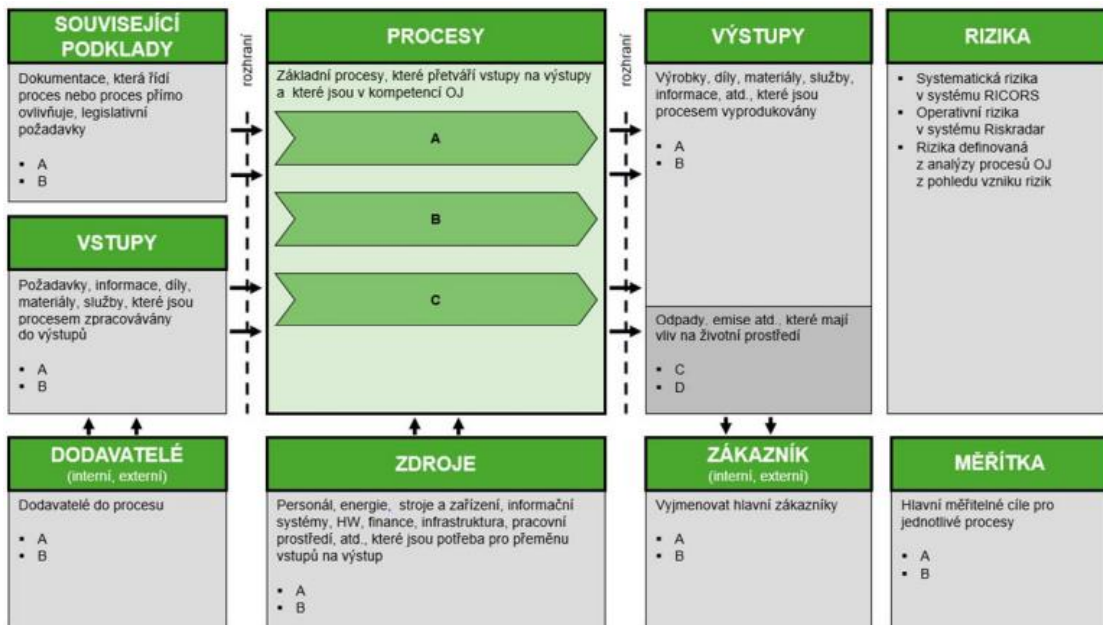
G2 – Produktová řada Compact

G3 – Produktová řada Midsize/MEB

GX – Produktová řada Konektivita

GL – PL Zvláštní projekty Škoda Auto

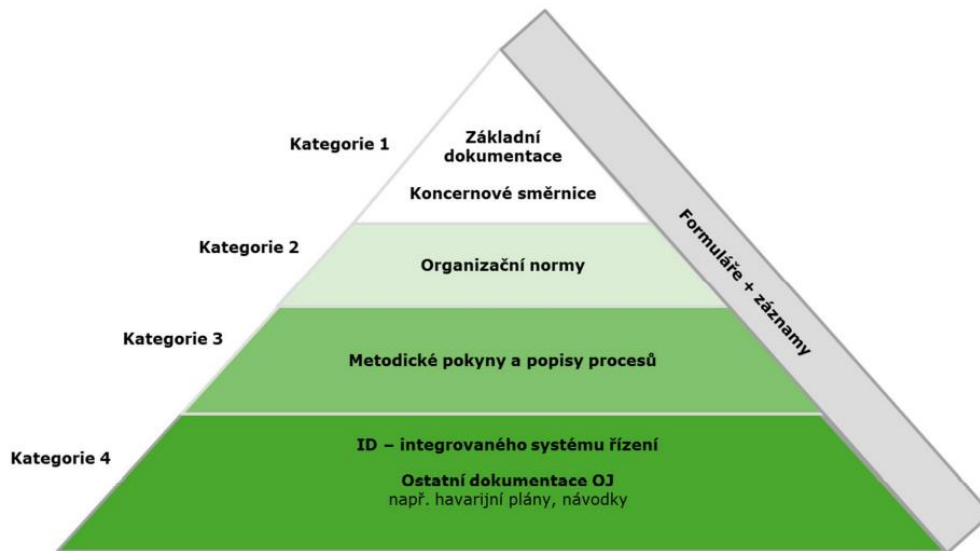
V rámci procesního řízení má ve společnosti každá organizační jednotka přiřazeny příslušné odpovědnosti v definovaných procesech. Každý proces má stanoveného vlastníka, vedoucího organizační jednotky, problematiku popisuje obr. 14. [9]



Obrázek 14 Model procesu organizační jednotky [9]

2.4 Dokumentace

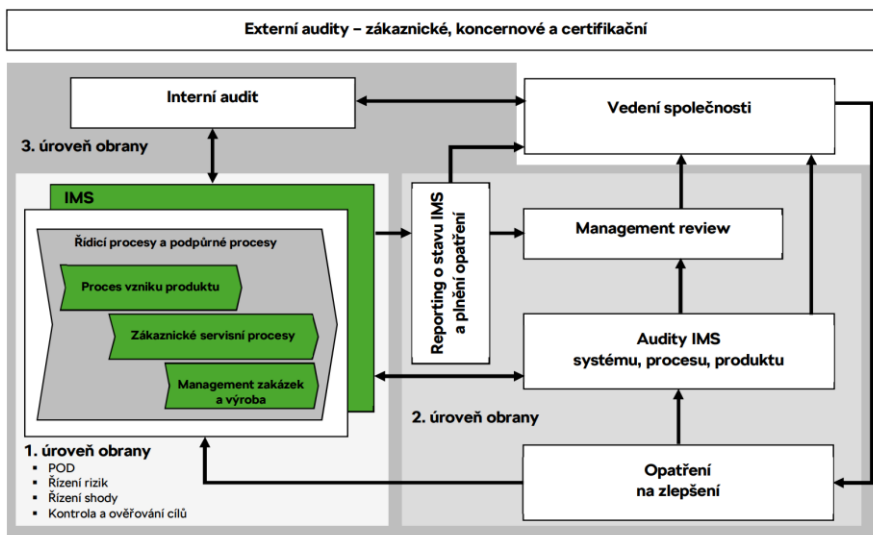
Požadavky na IMS stanovené právními a jinými závazky jsou popsány v procesní a organizační dokumentaci na obr. 15. [9]



Obrázek 15 Procesní a organizační dokumentace [9]

Dohled nad IMS

Dohled je definován podle struktury na obr. 16.



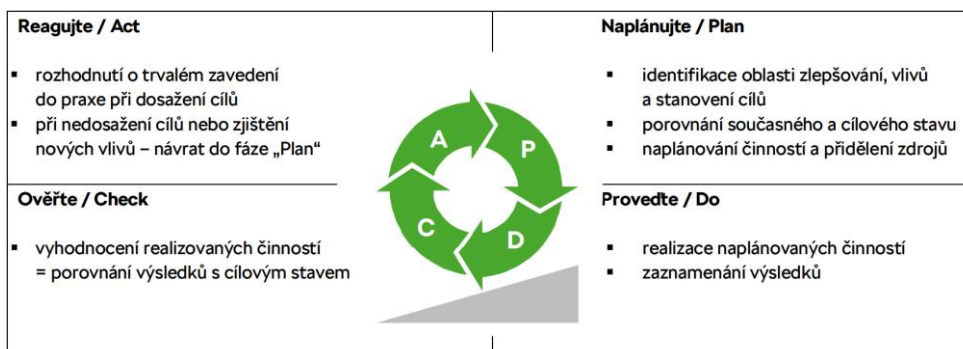
Obrázek 16 Struktura auditů [9]

2.5 Audity IMS

Pro ověřování a kontrolu funkčnosti IMS jsou tu audity. Tyto audity hodnotí, do jaké míry jsou v praxi plněny požadavky norem ISO, VDA (Verband der Automobilindustrie – Svaz automobilového průmyslu) a procesní a organizační dokumentace, také zda systém řízení vyhovuje požadavkům vedení společnosti. [9]

Audity provádějí kvalifikovaní auditoři na základě Organizační normy integrovaného systému řízení IMS. Audity IMS probíhají dle plánu auditů IMS ve Škoda Auto na příslušný kalendářní rok a jsou dokumentovány zprávami z auditu. [9]

Demingův cyklus PDCA (Plan, Do, Check, Act – Naplánujte, provedte, ověřte, reagujte), kterým se řídí audit znázorňuje obr. 17. [9]



Obrázek 17 Demingův cyklus PDCA [9]

2.6 Metody kvality

Studovaná problematika je součástí procesní kontroly kvality a je zasazená do systémů kvality, ve kterých se Škoda Auto pohybuje a na který i systém kontroly šroubových spojů navazuje. Zde je popis metod kvality, které jsou ve Škoda Auto zavedeny. [9]

- FMEA (Failure Mode Effects Analysis - Analýza možného výskytu a vlivu vad, dále jen FMEA). Jedná se o základní nástroj vystupující v systému kvality pro nově zavedené výrobky, s cílem neopakovat již proběhlé vady a předejít novým chybám. V průběhu vývoje výrobku se analyzují možné příčiny vzniku vad a přejímají se opatření ke snížení rizika jejich vzniku. [10] [11]
- QFD (Quality Function Deployment - Dům kvality). Metoda umožňující převod kvalitativních požadavků zákazníka do technických parametrů a znaků. Metoda je hojně používána a slouží ke znázornění vztahů a priorit. Díky této metodě je možné rozpracovat požadavky zákazníka a následně je převést do technických norem. Metodu lze využít ve fázích vývoje výrobku a zajištění procesu výroby. [10]
- DFMA (Design for Manufacture, Assembly and Service - Konstrukce pro výrobu, montáž a servis). Je to soubor několika metod, které podporují optimalizaci konstrukčního řešení výrobků za účelem zjednodušení výroby, montáže nebo opravitelnosti. [10]
- KCQ (Kundenclinic Qualitat – kvalita pro zákazníky). Tato metoda byla vyvinuta společností VW (Volkswagen) ve spolupráci s univerzitou v Mnichově. Jedná se o techniku založenou na neformálním rozhovoru. Slouží k zjištění všech významných zákaznických názorů a požadavků na nové projekty vozů, dále pak zhodnocení prototypu očima zákazníka, prozkoumání a testování detailů, například délky řadicí páky. [10]
- TRIZ (Teorija rešenja izobreatatelskich zadač - Tvorba a řešení inovačních zadání). Principiálně jde o hledání vynalézavého řešení

problému. TRIZ umožňuje využít již existující řešení pro konkrétní problém. Tím se výrazně zkrátí doba při hledání řešení. [10] [12]

- Ishikawa je diagram příčin a následků pro rozřídění a seřazení možných příčin. Využívá totožných zásad jako při brainstormingu, rozhodující je nikoliv množství, ale různorodost všech možných příčin. Opomenutí může mít výrazný vliv na kvalitu. [10]

- Statistický výpočet tolerancí je metoda ke stanovení optimálních tolerancí, s co nejmenšími výrobními náklady. [10]

- Poka Yoke (neúmyslná chyba zmenšení). Metoda vedoucí k takovým koncepcím výrobků a procesů, které zabrání neshodám ve výrobě, montáži, opravě nebo samotném užívání výrobků. Výsledkem jsou taková řešení, které zabrání omylům a znemožní chybu člověka v maximální míře. [10] [13]

- DRBFM (Design Review Based on Failure Mode – Kontrola návrhu založená na režimu selhání). Tato metoda byla vyvinuta firmou Toyota a podřizuje se principům FMEA. Vzhledem k malé podpoře této metody zůstalo její využití pouze na úrovni pilotního projektu. [10]

- 5xProč? – Poměrně systematická metoda pro hledání kořenových příčin. Principem metody je opakovaně se ptát: Proč? [10]

- 7 základních nástrojů kvality – Q7 je sbírka jednoduchých postupů řízení kvality. Tyto nástroje jsou, co se týče všeobecného vzdělání – i na dělnické úrovni, vhodné pro všechny zaměstnance a jejich využití pomáhá k vyřešení většiny problémů v oblasti kvality. [10]

- 7 nástrojů managementu a plánování je rozšířenou sbírkou postupů (nástrojů) řízení kvality a podporuje proces řešení problému, jeho nalezení, uspořádání a zhodnocení řešení, stejně jako realizací opatření. [10]

- Technika řešení problému. - Pro řešení problému je třeba nejprve si stanovit, o jak vážný problém se jedná. Dle závažnosti situace je pak možné využít celou řadu možných nástrojů od nejjednodušších po komplexní. [10]

- SPC (Statistical Process Control - Statistická analýza procesů) Je to jedna z nejpoužívanějších metod, která se používá ve výrobních podnicích k analýze dat. Cílem je zhodnotit výrobní proces statisticky, zabezpečit stabilní a způsobilé procesy výroby, plnit požadavky zákazníků v souvislosti s náklady na výrobu produktů, predikční zamezení výroby neshodných výrobků, porozumění procesu výroby a zamezení speciálním příčinám, které mohou způsobovat zbytečné náklady na nekvalitu. [10]

3 MONITORING A ŘÍZENÍ ŠROUBOVACÍCH PROCESŮ VE ŠKODA AUTO A. S.

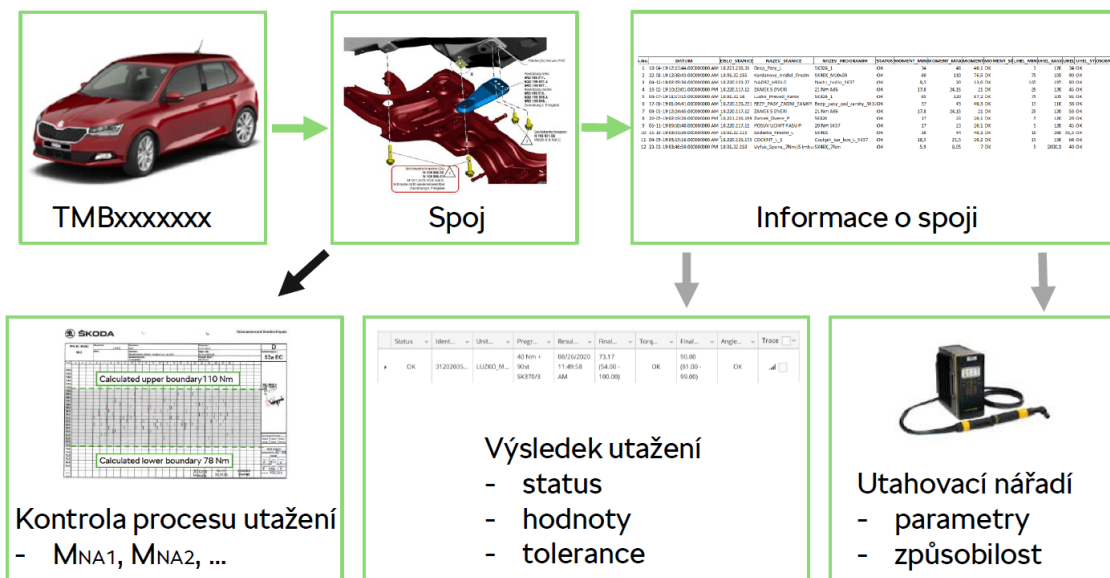
Monitoring šroubovacích procesů zajišťuje kontrolu kvality a jistotu šroubovacích procesů. Jedná se o pravidelnou kontrolu procesu šroubování. Proces bývá ovlivněn šroubovacím nářadím, personálem a výsledkem utažení spoje. Cílem je minimalizovat závady a snižovat náklady na jejich odstranění. [14] [15]



Obrázek 18 Cyklus monitoringu a řízení šroubovacích procesů [14]

Monitoring zahrnuje cyklické děje, které znázorňuje obr. 18. Opakující se činnosti obsahují vyhodnocení zmetkovitosti šroubovacích procesů za sledované období, zjištění TOP závad, provedení analýzy závady, definice opatření k odstranění závad a vyhodnocení účinnosti nasazených opatření.

Rozhodnutí o nasazení konkrétních opatření a vyhodnocení jejich účinností se provádí v rámci šroubovacích týmů jednotlivých provozů. [15]



Obrázek 19 Sbírané informace o spojih [14]

Na obr. 19 je vidět postup měřených dat procházejících procesem výroby. Výroba se řídí tzv. PDM listy, které obsahují informace o utahování šroubových spojů.

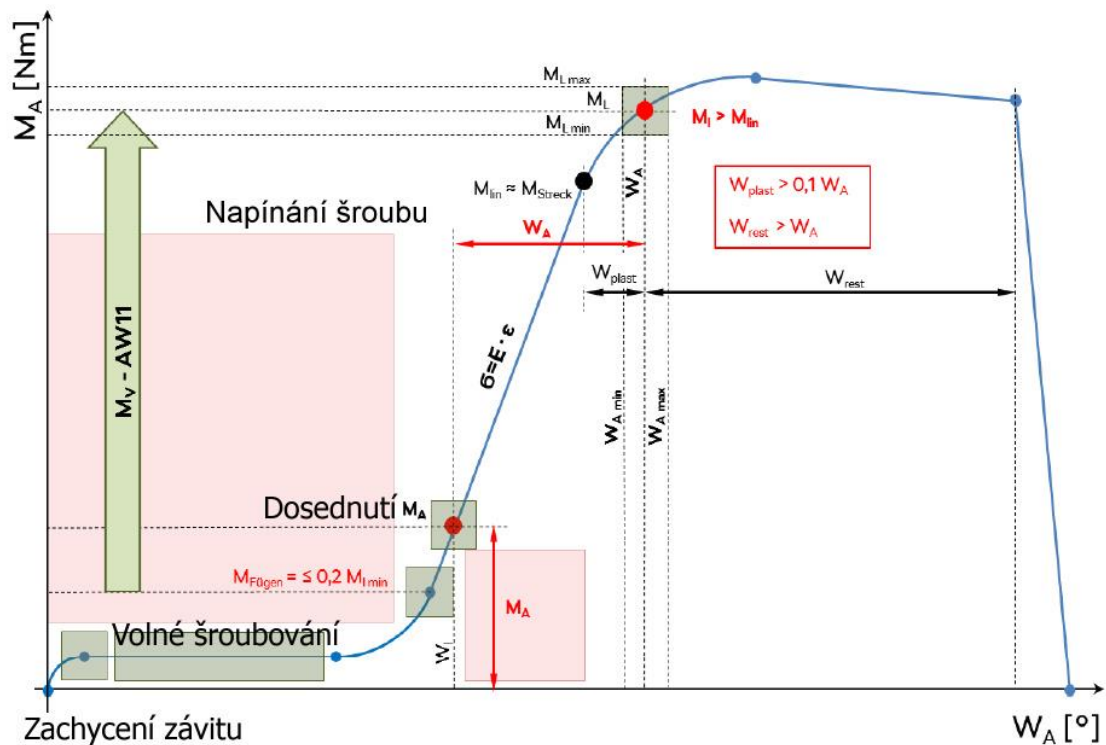
3.1 Parametrizace EC šroubovacího nářadí

Parametrizace se řídí normou VW 01110-3, jedná se o kontrolu techniky správného utažení spoje, a zároveň o kontrolu technického provedení všech fází utažení. [14] [16]

Fáze utažení

- Zachycení závitu
- Volné šroubování
- Dosednutí
- Napínání šroubů

Jednotlivé fáze utažení jsou popsány na obr. 20.



Obrázek 20 Graf závislosti úhlu utažení na momentu utažení (fáze utahování) [14]

3.2 Kontrola procesu utahování – M_{NA1} , M_{NA2} (kontrolní dotahovací moment)

Měření $M_{NA1,2}$ je předmětem této práce. V této kapitole uvedu i částečný popis, který zároveň kopíruje současný stav, respektive stav před digitalizací, který uvedu později. Nicméně principy měření a jejich logika postavená na normativních standardech zůstávají totožné i pro digitalizovaný stav, kterému se budu věnovat v dalších kapitolách.

Doposud se jednalo o offline kontrolu procesu utahování.

Kontrolní moment **M_{NA1} , M_{NA2}**

Tento měřený moment se provádí bezprostředně po montáži (do 30 minut), resp po prvním zatížení mechanického nebo teplotního rázu. Jedná se o povinné měření. Realizuje se dalším otočením šroubu/matice. Měření je povinné a řídí se dle normy VW 01110-2. [17] [18]

Měřením je možné odhalit:

- Nadměrnou relaxaci šroubového spoje.
- Vadnou šroubovací technikou, chybné nastavení šroubovací techniky, systematické chyby výroby.
- Neodhalí se ale vysoký našroubovací moment – nízká osová síla.

Účelem měření procesu M_{NA} není kontrola správné konstrukce spoje. Ověření správné konstrukce spoje, jakož i ověření vhodnosti navrženého utahovacího předpisu je plně v kompetenci oddělení technického vývoje. [17] [18]

Jako běžný nástroj pro kontrolu spojů po utažení slouží měření M_{NA1} . Touto metodou lze zkontrolovat všechny potřebné spoje v provozu linky. Toto měření je vhodné doplnit měřením M_{NA2} (měření po tepelném nebo dynamickém zatížení). [17] [18]

Měření se provádí tak často, aby se chybné vozy nedostaly k zákazníkovi. M_{NA1} momenty se kontrolují podle potřeby (při náběhu produktu, při demontážních auditech agregátů). [17] [18]

Celý koncept se řídí dle normy koncernu VW 01110-2 a zároveň je funkčně zasazen do prostředí Škoda Auto. Měření kontrolních dotahovacích momentů nebo momentu zkušebních se provádí pouze na výběrovém vzorku spojů za předepsané časové období, není tedy kontrolováno 100 % spojů. Naměřené hodnoty slouží pouze pro kontrolu procesu utažení jednotlivých spojů, nejsou dále přiřazovány ke konkrétnímu produktu či vozu, pokud to není ve zvláštních případech požadováno. [17] [18]

Kontrolní momenty se měří podle normovaných předpisů.

- Pro spoje A, B metrický závit bez plastových dílů ve spoji

$$0,80 \times MA \leq M_{NA1} \leq 1,2 \times MA \quad \text{pro AD} \quad (2)$$

$$0,80 \times MI \leq M_{NA1} \leq 1,2 \times MI \quad \text{pro AW} \quad (3)$$

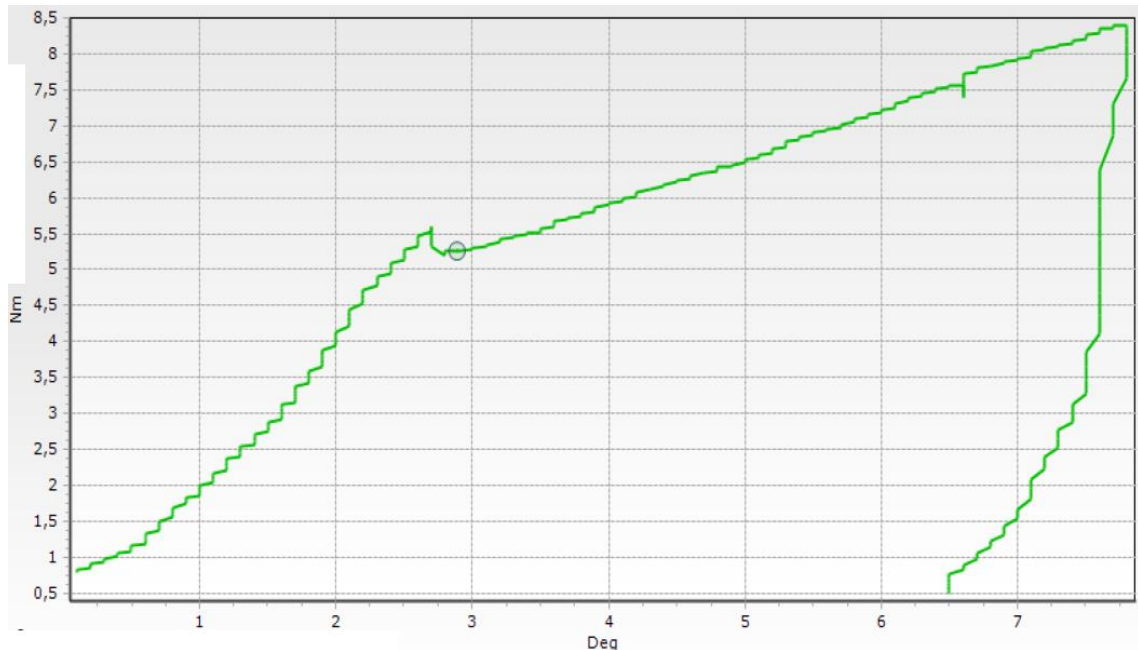
- Spojce typu C pro závity metrické, bez plastových dílů ve spoji

$$0,70 \cdot MA \leq M_{NA1} \leq 1,2 \cdot MA \quad (4)$$

- Pro spoje typu B a C, nemetrický závit nebo plastový díl ve spoji.

$$0,50 \cdot MA \leq M_{NA1} \leq 1,2 \cdot MA \quad (5)$$

Kontrolní náměr je vidět na obr. 21.



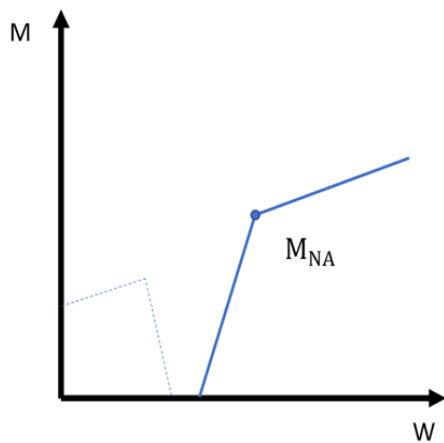
Obrázek 21 Průběh náměru v závislosti momentu na úhlu [14]

Statisticky, mezi 2s a 3s, hranice kontrolních momentů M_{NA1} se určují v programu QS-Stat statisticky, alespoň z 50 naměřených hodnot. [14]

Postup měření

M_{NA} hodnoty jsou nejmenší točivé momenty, které jsou změřeny při dalším pootočení šroubu (matice) ve směru utahování o několik málo úhlových stupňů.

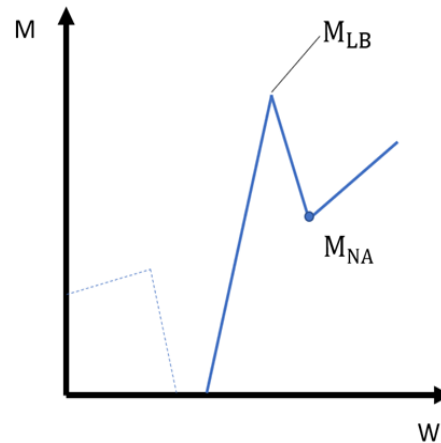
Statické tření často způsobuje momentové špičky, tzv. moment odtržení, který ale nesmí být hodnocen jako kontrolní dotahovací moment. Je možné, aby došlo ke dvěma odtržením pod hlavou a jednomu v závitě. V takovém případě se měří moment po druhém odtržení. Problematika stanovení kontrolního dotahovacího momentu dále na obr. 22.



Stanovení kontrolního dotahovacího momentu

Legenda:

M - točivý moment
 M_{NA} - kontrolní dotahovací moment



Efekt statického tření při stanovení kontrolního dotahovacího momentu

Legenda:

M_{LB} - moment odtržení
 W - úhel otočení (čas)

Obrázek 22 Vlevo - stanovení kontrolního dotahovacího momentu; vpravo – efekt statického tření při stanovení dotahovacího momentu

Vyhodnocení naměřených výsledků se rozděluje do dvou fází, předsériové a sériové. U nových spojů, u kterých nejsou zkušenosti, se při náběhu pro kontrolu procesu musejí použít obecné toleranční meze podle normy VW01110-2. [17] [18]

V běžných sériích, kdy je dostatečný počet utahovacích dat a kontrolních náměrů, se využívá statistická metoda (pravděpodobnostní rozložení, hodnoty $\pm 2s$ až $\pm 3s$). Při měření M_{NA2} v oblasti montáže vozů, vzhledem k nízkému množství naměřených hodnot se výpočet kontrolních mezí neprovádí. Každá naměřená hodnota je hodnocena dle předpisu utažení. [18]

V sériové výrobě, kdy je dostatečný počet utahovacích dat a kontrolních náměrů se kontrolní meze určují dle pravděpodobnostního rozdělení z alespoň 50 naměřených hodnot M_{NA} . Platí, že takto stanovené meze by měly být užší a v tolerančních mezích podle VW01110-2. Jsou-li stanovené toleranční meze mimo obecné hranice normy VW01110-2, je nutné toto řešit s příslušným oddělením technického vývoje. [17] [18]

Jestliže jsou náměry M_{NA} mimo vypočtené kontrolní meze, je nutné provést analýzu spoje a jeho utahování. Pokud při analýze není zjištěna chyba, je třeba meze překontrolovat, případně přepočítat. Pokud dojde ke změně utahovacího předpisu, je nutné kontrolní meze přepočítat. V některých případech, kdy dojde ke změně spojovacího materiálu nebo spojovaných dílů (odlišná povrchová ochrana, pevnost, svěrná délka) se tato změna projeví na náměrech M_{NA} a nutnosti přepočítat kontrolní meze. [17] [18]

Měření M_{NA} jsou předmětem této diplomové práce, cílem je tato měření zdigitalizovat.

3.3 Dále jsou testovány další parametry

Zkušební moment M_P

Dále se provádí kontrola M_P u spojů s chemickým jištěním. Při kontrole nedochází k otočení šroubu/matice. Hodnoty zkušebního momentu pro různé postupy utažení: [18]

$$AD18 - MP = 80 \% z MA \quad (6)$$

$$AW11 - MP = 90 \% z MA \text{ min} \quad (7)$$

$$AW12 - MP = 1,2 x MS \quad (8)$$

Postup kontroly

- Označení polohy šroubu na hlavě a dílu.
- Přetažení šroubu zkušebním točivým momentem.
- Kontrola po zkoušce – není přípustné pootočení hlavy šroubu.
- Kontrola procesu utažení. [18]

Zbytkový moment neboli M_R

- V případech vysokého klidového tření (vozy v provozu, koroze, lak).
- Při analýze šroubových spojů.
- Dává informaci o dosaženém M_A , snížení o relaxaci spoje.

Postup stanovení

- Označení polohy šroubu na hlavě dílu.
- Povolení o $10^\circ - 30^\circ$. [18]

Utržení šroubu zpět na značku – změření hodnoty **M_R** [18]

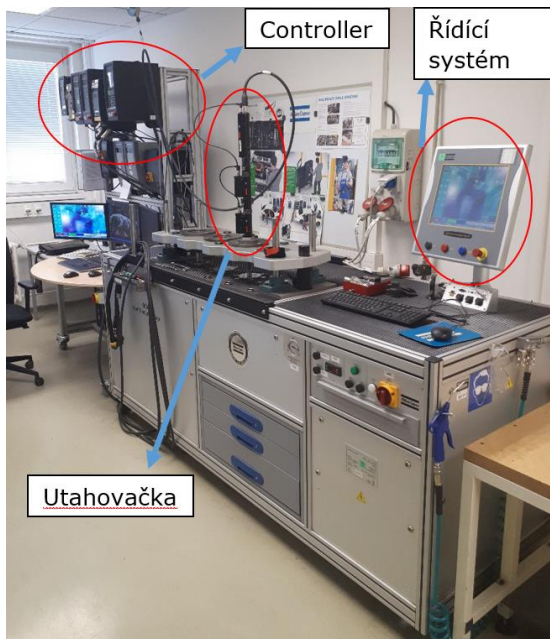
4 DEFINICE POTŘEBNÉHO NÁŘADÍ A VYBAVENÍ

Pro potřeby digitalizace musí být měřicí zařízení a další vybavení nejenom přesné a precizní v rámci měření, ale také v IT komunikaci a práci s daty. Práce se zařízeními disponujícími novými technologiemi přenosu dat je často složitější a přináší nutnost znalosti těchto funkcí pro každého, který s těmi zařízeními pracuje. Volba nových nástrojů se musí řádně zvážit tak, aby výsledný efekt byl přínosný, a aby ovladatelnost byla zvladatelná především pro koncové uživatele (operátory) provádějící měření.

Dále je popsáno, jaká zařízení byla nově zvolena pro potřeby projektu digitalizace kontroly šroubových spojů nebo taková, kterými jednotlivé provozy již disponují, ale nevyužívají potenciálu chytrých měřicích zařízení.

Jednotlivé nástroje vystupující v projektu jsou vlastně produkty firem Atlas Copco a Diribet. Je tomu tak proto, že s těmito nástroji, respektive softwary, Škoda Auto dlouhodobě pracuje a může tak navázat na dosavadní zkušenosti a dlouhotrvající spolupráci. Novým přínosem je tyto systémy propojit a editovat takovým způsobem, aby odpovídaly měření kontroly šroubových spojů ve Škoda Auto. Tento způsob kontroly je unikátní a dle mých zpráv v tuto chvíli nemá obdoby.

4.1 STbench



Obrázek 23 STbench

Jedná se o měřicí stanici sloužící ke kontrole automatického utahovacího náradí. V levém horním rohu na obr. 23 je vidět controller pro utahovačku, který definuje síly utahovačky. Uprostřed je samotná utahovačka se vřetenem v odpovídajícím utahovacím procesu. Vpravo se nachází řídicí systém pro definování kalibračního procesu.

Zkušební stanice simuluje spoje. Dosahuje toho brzděním vřetena nebo hřídele mechanického náradí. Náradí je nasazeno na čtyřhran brzdy, otáčí se pomocí rotačního snímače a je měřen moment a úhel. Algoritmus softwaru pro řízení brzdění zastaví mechanické náradí způsobem, že při definovaném úhlu otočení nastane lineární zvýšení utahovacího momentu, čímž je věrně simulován pohyb utahování skutečného spoje. Dosáhne se toho tak, že se měří otáčky mechanického náradí s výpočtem doby potřebné k zastavení náradí v nastaveném úhlu. [19]

Na základě měření otáček mechanického náradí elektrický systém vypočítá dobu potřebnou k zastavení náradí v nastaveném úhlu. Působením tlaku je náradí zastaveno. Podávací tlak proporcionálního

ventilu zabezpečuje hydraulické čerpadlo, které plní tlakový zásobník s cílem udržet konstantní tlak po delší období. [19]

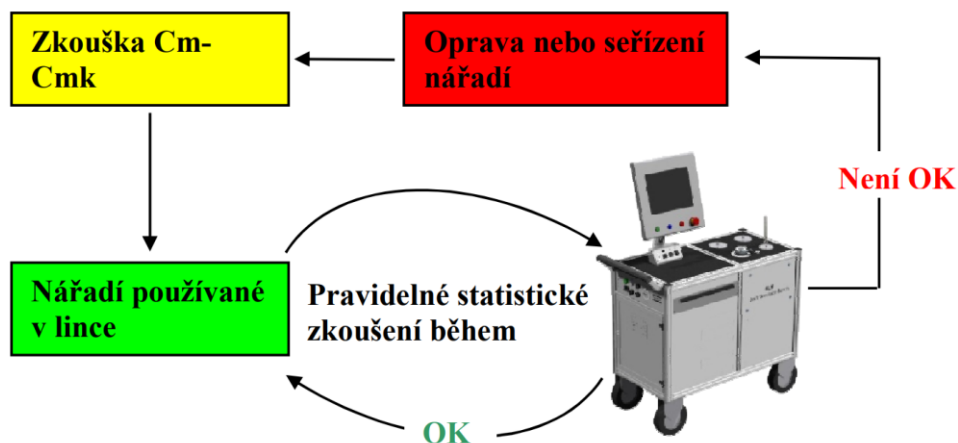
Tímto pracovištěm disponuje Škoda Auto a může tak kalibrovat vlastní utahovačky a šetřit náklady i čas. Ve Škoda Auto se jedná o utahovačky od výrobců Atlas Copco a BOSH s různou silou pro odlišné rozsahy dosažitelného momentu. Zařízení umí komunikovat také s STpadem. Utahovačky se kalibrují jednou ročně. Množství takovýchto utahovaček ve Škoda Auto je v řádu stovek. [19]

Běžný způsob řízení zkoušek nářadí

- Zkouška se statickým zpracováním výsledků (je-li) použita s programem Torque Supervisor
- Zkouška Cm-Cmk [19]

Běžný způsob řízení zkoušek nářadí

- Zkouška se statickým zpracováním výsledků (je-li) použita s programem Torque Supervisor
- Zkouška Cm-Cmk [19]



Obrázek 24 Cyklus kontroly řízeného nářadí utahovaček [19]

Zkoušku se statickým zpracováním výsledků zahrnující několik zkoušek nářadí, lze rychle spouštět každý den a provádět tak kontrolu nářadí před začátkem pracovní směny. Cyklický proces zkoušky je znázorněn na obr. 24. Úplný soubor zkoušek prováděný v rámci zkoušky Cm-Cmk

zabere víc času. Zkouška zpravidla probíhá na nářadí s nižší frekvencí a v každém případě je vyžadována pro nářadí po opravě nebo kalibraci. [19]

Tento nástroj v projektu nevystupuje přímo, ale je důležité pro celý proces kontroly, protože data z procesu poskytují utahovací vřetena kalibrovaná tímto strojem. [19]

4.2 STwrench

STwrench, který je vidět na obr. 25 je modulový klíč sloužící k analýze šroubových spojů. Je navržen pro různé provozy a lze optimálně přizpůsobit širokému prostředí:

- **Utahovací operace**

Klíč umožňuje měřit v široké škále utahovacích strategií.

- **Kontrola kvality**

Klíč nabízí několik metod pro vyhodnocení kontroly reziduálního utahovacího momentu.

- **Analýza spojů**

Momentový klíč umožňuje využití prvku s názvem Analýza prvku, díky kterému automaticky detekuje křivku. [20]

Jak je popsáno výše, klíč je modulový, tato modularita je docílena pomocí vyměnitelných hlav s různými možnostmi. [20]



Obrázek 25 STWrench

Klíč spolupracuje dohromady s ToolsNet, v tomto módu je pro programování klíče vyžadován řídicí software (ToolsTalk BLM). Výsledky utahování jsou přeneseny do ToolsNet pomocí IRC-W. [20]

Řídící jednotka



Obrázek 26 Řídící jednotka

V této části se nachází veškerý hardware i firmware. Je nutné ho aktualizovat podle nutnosti, tak aby fungovala komunikace. [20]

RBU (Rapid Backup – rychlá záloha) klíče STwrench



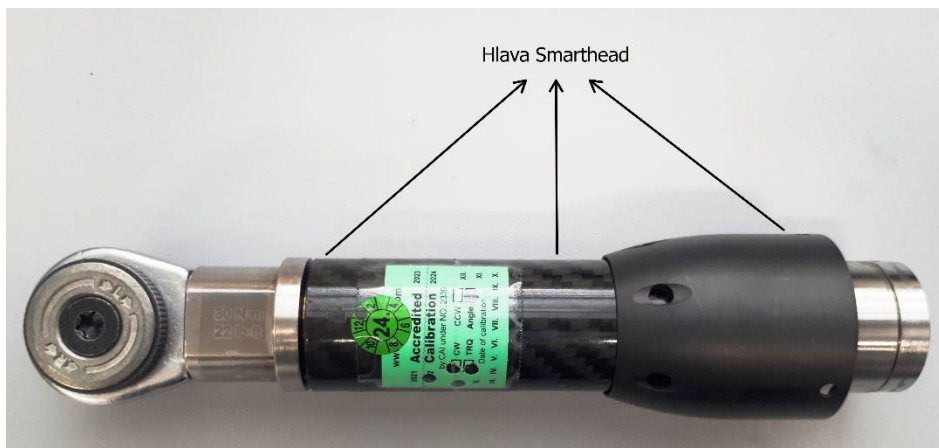
Obrázek 27 RBU [20]

Modul, který je instalován v řídicí jednotce definuje klíč, řídí utahovací programy a ukládá specifická nastavení instalace STwrench. [20]

Jsou zde dva typy RBU:

- **RBU Kvalita:** umožňuje pouze strategie pro kontrolu strategie
- **RBU Výroba:** umožňuje všechny strategie pro kvalitu a výrobu

Hlava smartHead



Obrázek 28 Hlava smartHead

Její součástí je snímač utahovacího momentu, řízený gyroskopem (volitelné) a světlem smartHead. Hlava smartHead rovněž definuje kapacitu klíče, je jí možné vyměnit bez nutnosti kalibrace. Při zapnutí si klíč automaticky načte data ze snímače utahovacího momentu. Gyroskop umožňuje měření úhlu. Maximální možná úhlová rychlost gyroskopu je 150 °/s. Dojde-li k překročení této rychlosti, systém zobrazí chybu. Minimální hodnota zatížení hlavy je 5 % jmenovitého utahovacího momentu hlavy. [20]

Akumulátor a nabíječka akumulátoru pro klíč STwrench



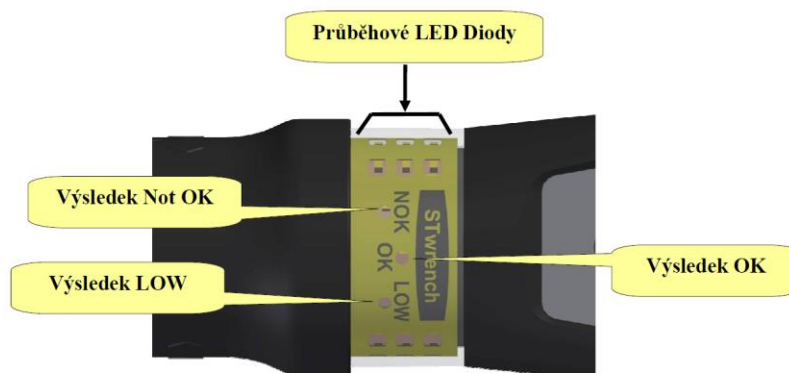
Obrázek 29 Akumulátor

Akumulátor STwrenche plní funkci zdroje energie, klíč lze připojit také pomocí kabelového napájení. Akumulátor disponuje technologií Lithium-ion a je schopný vydržet 16 hodin v provozním režimu. Ke klíči je dodávána též nabíječka. [20]

ToolsTalk BLM

Je řídicí software klíče STwrench, ve kterém lze klíč konfigurovat.

Uživatelské rozhraní



Obrázek 30 Uživatelské rozhraní [20]

Tři LED diody na obr. 30 poskytují dodatečnou informaci o probíhající operaci a o jejím výsledku.

Symbol LOW (barva žlutá) znamená, že měřený utahovací moment je nižší než minimální definovaný limit.

Symbol OK (barva zelená) znamená, že výsledek je OK.

NOK (barva červená) znamená, že měřený moment not (není) OK. [20]

Displej

Zobrazuje několik informací (obr. 31) o monitorování utahovacího momentu úhlu. [20]



Obrázek 31 Displej STwrenche [20]

Rádiové propojení: signalizuje, že klíč je pomocí rádia IRC připojen k jinému zařízení.

Stav akumulátoru: signalizuje stav akumulátoru.

Směr utahování: ukazuje, zda utahování musí být provedeno ve směru nebo proti směru hodinových ručiček.

Utahovací moment/úhel: ukazuje aktuální měřené hodnoty.

Informace o úkolu: ukazuje, zda se jedná o Pset, vícefázové utahování nebo úkol. [20]

Bzučák a vibrační zařízení

Klíč STwrench disponuje rovněž bzučákem a vibracemi, tyto signalizace dávají více informací. Bzučák vede podobně jako systém LED diod k dosažení cílového utahovacího momentu. Zintenzivňuje signalizaci, Při zvyšování utahovacího momentu (nebo úhlu) dochází k zintenzivňování signalizace. Pokud utahovací moment dosáhne cílové hodnoty, vyšle odlišný signál. [20]

4.3 STpad



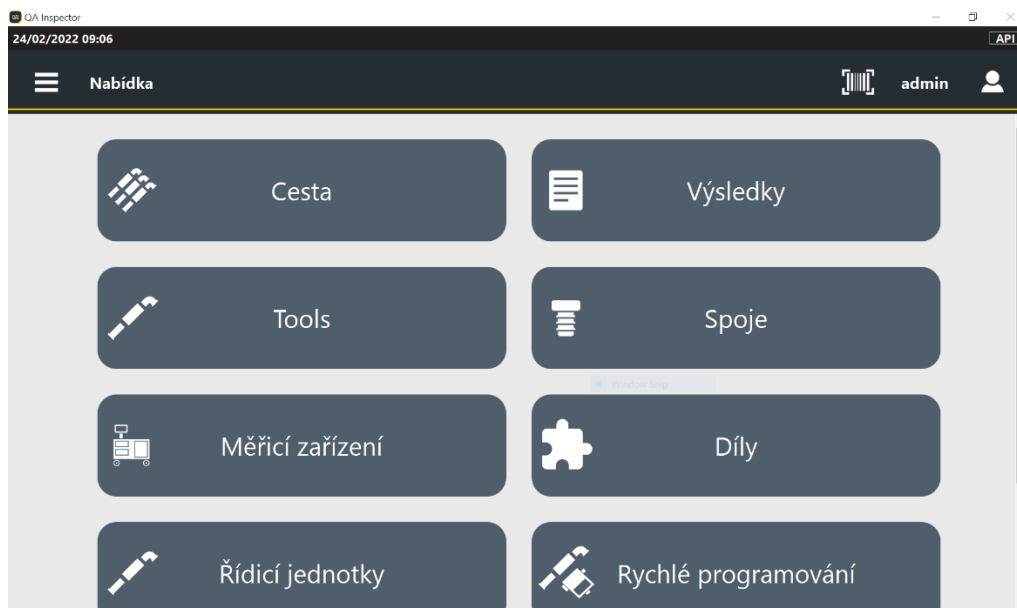
Obrázek 32 STpad [21]

STpad (tablet) je technologickým počítačem pracujícím na operačním systému Windows.

Nabízí sadu testů pro vyhodnocení klikacích klíčů, elektrického nářadí a pulsních nástrojů, měření točivého momentu/úhlů a vytváření výsledků se statistickými parametry. To zvyšuje kvalitu a automatizaci operací na výrobní lince. Výsledky testu lze získat zpět pomocí softwaru pro správu STpad (QA Inspector) a exportovat je do souboru Excel. [21]

Umožňuje zobrazit výsledky v reálném čase s bezdrátovou technologií a současně odeslat výsledky přes WiFi do odpovídajícího online prostředí. [21]

Prostředí tabletu je intuitivní v české či anglické verzi. Hlavní nabídka na obr. 33. dále umožňuje komunikaci se softwarem QA Supervisor, kde je možné předdefinovat měření a následně posílat do tabletu. Stejně tak výsledky měření prostřednictvím tabletu lze zpět posílat do STpadu.



Obrázek 33 STpad - hlavní menu

Route (Cesta)

Zařízení může obsahovat až 100 sad testů, každý z nich až 500 kontrol. [21]

Results (Výsledky)

V části výsledky jsou uvedeny výsledky provedených kontrol. Ve výchozím nastavení je seznam výsledků uspořádán podle datumů. Zařízení může uložit až 50 000 jednotlivých výsledků. Dále jsou přepisovány nejstarší výsledky těmi novými. [21]

Tools (Nářadí)

Sekce nástroje popisuje, jak nastavit nástroje a inspekce potřebné k provedení testu. [21]

Zařízení dokáže uložit až 10 000 nástrojů do interní paměti. Inspekce udává typ testu a maximální počet kontrol na nástroj je roven 60. [21]

Joints (Spoje)

Sada parametrů, které řídí testovací proces. Tato část popisuje, jak nastavit parametry spoje, nutné k provedení testu. Zařízení dokáže uložit až 10 000 spojů do vlastní paměti. [21]

Measuring devices (Měřicí zařízení)

V této části se nastavuje připojení zařízení, například připojení STwrench s využitím Bluetooth. [21]

Quick Programming (Rychlé programování)

Jedná se o funkci, která spustí test v krátkém čase. Před spuštěním musí být samozřejmě připojeno odpovídající měřicí zařízení. [21]

Configuration (Nastavení)

V této sekci je skryto veškeré nastavení. Nastavení dat, importu a exportu, externích systémů atd. [21]-

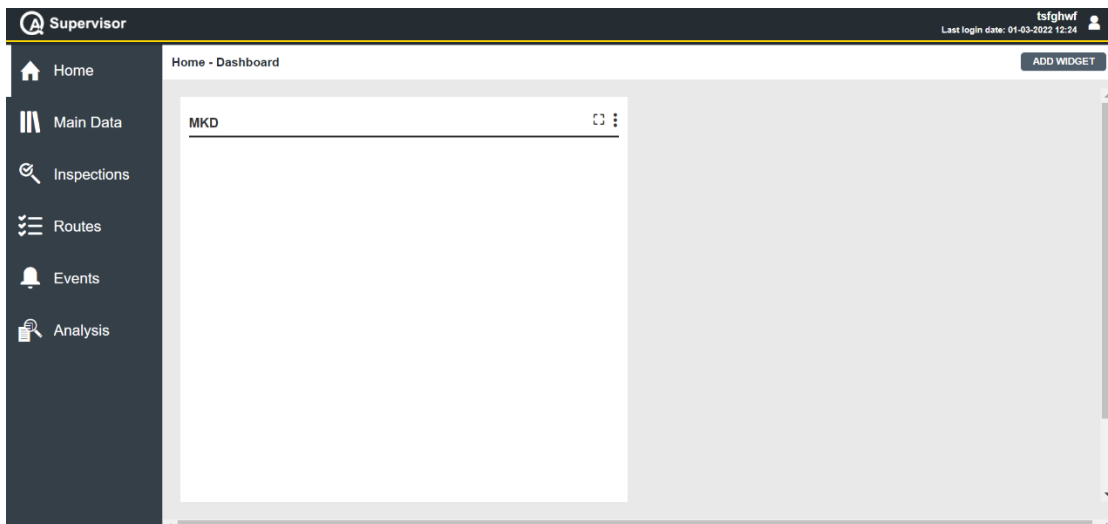
4.4 STpalm

Zařízení STpalm je technologický počítač s totožným softwarem QAInspector jako je tomu u výše popsaného STpadu. STpalm tedy z pohledu projektu pracuje naprosto stejně jako STpad. Liší se ale v tom, že pracuje na operačním systému Android a zobrazení je díky menšímu displeji méně transparentní, avšak manipulace je snazší.

Z hlediska dat je vše zcela stejné jako u STpadu.

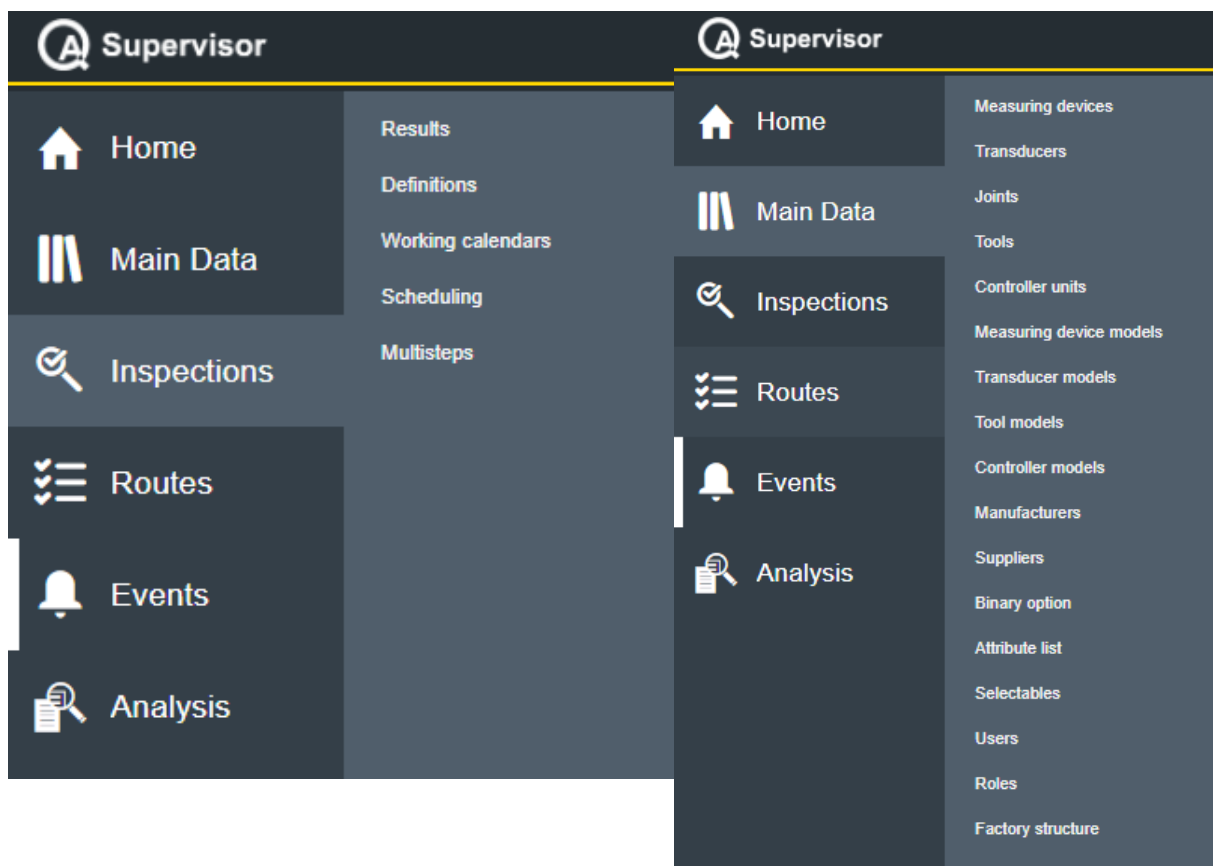
4.5 QA Supervisor

Jedná se o software fungující přes internetový prohlížeč. Lze v něm nastavovat všechny vstupující parametry pro kontrolu šroubových spojů jednotlivě anebo celé cesty.



Obrázek 34 Základní menu QASupervisor

Základní prostředí je intuitivní a umožňuje nastavení informativních dashboardů (transparentní deska) viz. obr.34.



Obrázek 35 Prostředí SW QASupervisor

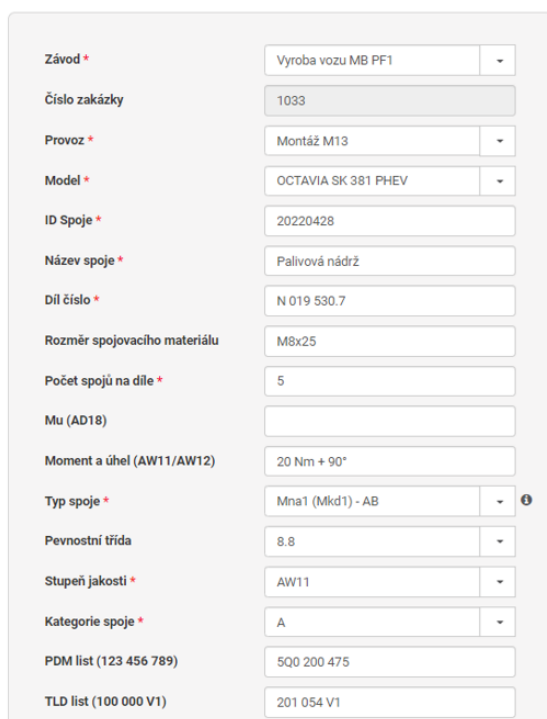
Široká nabídka (obr. 35) nabízí škálu možností, jako nastavení struktury, nastavení měření, plánování měření, správu uživatelů, měřicích zařízení nebo zobrazení výsledků. Další podrobnosti budou pospány v rámci experimentu.

4.6 Chy.stat MKD

Jedná se o statistický software, který umožňuje shromažďovat data a následně je automaticky vyhodnocovat. Zároveň dokáže kontaktovat odpovědné pracovníky v případě neshodných NOK výsledků.

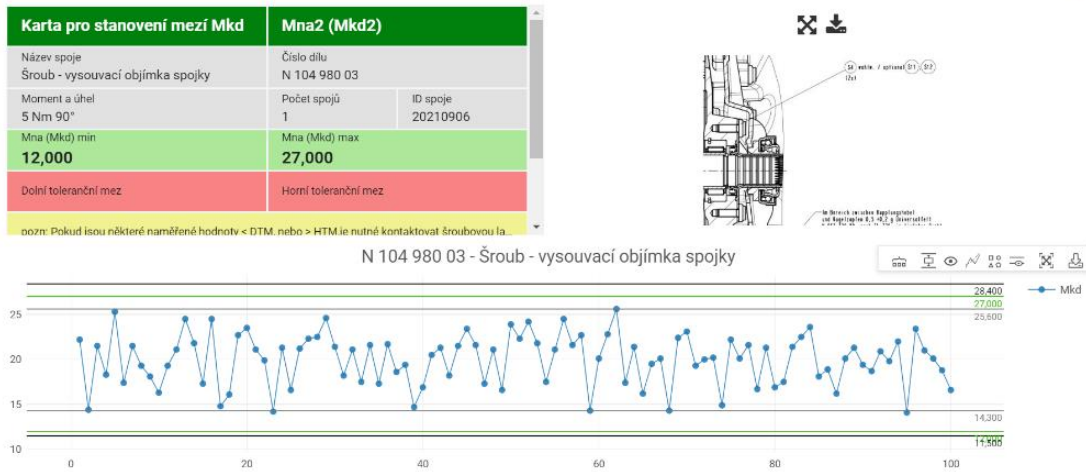
V prostředí je možné navrhnout jakýkoliv spoj, detailně ho popsat a vyobrazit pomocí obrázku. Ke každému spoji umožňuje přiřadit potřebná data a ty automaticky vyhodnocovat a dále analyzovat. Na obr. 36 a 37 je vidět, jak vypadá prostředí softwaru chy.stat.

Důležitým přínosem chy.statu je stanovení mezí dle požadavků procesu. Podrobnosti budou dále popsány v praktické ukázce.



Závod *	Vyroba vozu MB PF1
Číslo zakázky	1033
Provoz *	Montáž M13
Model *	OCTAVIA SK 381 PHEV
ID Spoje *	20220428
Název spoje *	Pallivová nádrž
Díl číslo *	N 019 530.7
Rozměr spojovacího materiálu	M8x25
Počet spojů na díle *	5
Mu (AD18)	
Moment a úhel (AW11/AW12)	20 Nm + 90°
Typ spoje *	Mna1 (Mkd1) - AB
Pevnostní třída	8.8
Stupeň jakosti *	AW11
Kategorie spoje *	A
PDM list (123 456 789)	5Q0 200 475
TLD list (100 000 V1)	201 054 V1

Obrázek 36 Zadání spoje v SW chy.stat



Obrázek 37 Výsledná karta v SW chy.stat

5 PRŮMYSL 4.0

Každá forma digitalizace vyžaduje komplexní pohled na její důležitost, příležitosti a rizika, které může přinést. Je nutné dobře zvážit fakta konkrétního zadání tak, aby byla digitalizace přínosem a nedala možnost ke vzniku rizik. Tato kapitola tedy krátce popisuje, co je to Průmysl 4.0 a digitalizace a dále jaké vystupující faktory je potřeba zvážit.

Průmysl 4.0, tzv. „chytrá výroba“, a průmyslový IoT (Internet of Things – internet věcí, dále jen IoT) poukazují na střet provozních technologií a informací za účelem monitorování fyzických procesů ve výrobě. Zároveň využívají získaná data pro stanovení prediktivních a adaptivních opatření s účelem snížit provozní náklady. Průmysl 4.0 je univerzální termín, který označuje čtvrtou průmyslovou revoluci.

Přijetí průmyslu 4.0 vyžaduje horizontální i vertikální integraci dat napříč podnikem. Výroba, nákup, řízení dodavatelského řetězce, design, řízení životního cyklu produktu, logistika, provoz a kvalita jsou příklady vertikální digitalizace. Všechny oblasti jsou integrovány, aby byl zajištěn nepřetržitý tok dat. Horizontální digitalizace může zahrnovat integraci dat od dodavatelů, zákazníků a strategických partnerů. Integrace podniku vyžaduje modernizaci nebo výměnu zařízení, sítí a procesů, dokud nebude dosaženo bezproblémového digitálního ekosystému. V modelu chytré a inteligentní výroby podnikového systému je digitalizace nepostradatelná. Integrovaný systém vyžaduje komplexní inženýrskou transformaci a silné datové služby a analýzy, aby bylo možné převést data generovaná systémy, senzory a strojním zařízením na použitelné poznatky, které mohou vést k návratnosti investic.

Chytrá výroba ovšem zvyšuje kybernetické riziko. To je důvod, proč přijetí Průmyslu 4.0 vyžaduje úzkou spolupráci s IT experty organizace. IT odborníci musí spolupracovat s nejvyšším vedením, aby

zajistili implementaci osvědčených postupů kybernetické bezpečnosti v celém digitálním ekosystému podniku. Jednou z nejdůležitějších součástí přijetí Průmyslu 4.0 ve výrobě je vnitřní kulturní transformace organizace. To vyžaduje silné vedení a cílené řízení změn a investic do technologií a vzdělání, nezbytných k úspěšné implementaci chytrých výrobních postupů. [22]

5.1 Pojmy a nástroje průmyslu 4.0

IoT

Popisuje širokou škálu objektů se snímacími a ovládacími zařízeními, která shromažďují data. Iot jsou definovány položky připojené k virtuálnímu světu, kde jsou ovládány vzdáleně a mohou fungovat jako fyzické přístupové body k internetovým službám. Nebo jsou definovány jako celosvětová síť fyzických objektů, využívající internet jako komunikační médium. [23]

Big Data

Jednoduše se jedná o rozsáhlé datové sady, nejčastěji z nových zdrojů. Existuje celá řada nestrukturovaných dat, popisující věci z různých perspektiv. Díky tomu, že chytré stroje a technologie shromažďují více dat, než sami potřebují, je možné snáze uskutečňovat nové analýzy a hledat nová řešení, a tak sledovat proces v nových pohledech. Nicméně dat je opravdu hodně a vytvářejí stále větší požadavky na IT. [24]

Umělá inteligence

Jedná se o automatizaci výrobních procesů a samoučící se algoritmy pro eliminaci chybovosti systémů. [25]

Cloud

Využívání vzdáleného úložiště cloudovým řešením. Ať už pro flexibilitu nebo díky úsporám na fyzických instalacích. [25]

Aditivní výroba

Podporuje vizi end to end. Výroba prototypů díky 3D tisku a další aditivní výroba. [25]

Bez-výkresová výroba

Znamená, že máme jednotný zdroj řízení systému. Digitální modely zůstávají nativní v průběhu celého výrobního procesu, díky propojení dat. [25]

Systémové inženýrství

Spolupráce a propojení více inženýrských profesí při vývoji a výrobě komplexního výrobku. [25]

Co přináší Průmysl 4.0

- Díky novým technologiím a jejich propojení umožňuje preciznost výroby, a to za krátkou dobu, včetně zavedení na trh.
- Simulace umožňuje testovat výrobky již ve fázi návrhu a za pomoci získaných dat dosáhnout vyšší kvality.
- Spravuje kompletní systémy a sestavy již v návrhové verzi, zajišťuje snížení chybovosti a eliminuje nad míru velké množství prototypů.
- Výrobní procesy se zdokonalují a dosahují stále efektivnějších procesů.
- Je možné analyzovat datové vstupy a výstupy. Dokáží zpětně vyhledat již zpracovaná data.
- Kontroluje celý životní cyklus produktu a může přebírat data a know-how od zákazníků.
- Vše je řízeno jednou inovativní platformou pro snazší spolupráci pro celý životní cyklus produktu.
- Díky Průmyslu 4.0 se produktivita zvýší o 30 %. Až 40 % lidí bude nuceno změnit kvalifikaci. [25]

5.2 Příležitosti průmyslu 4.0

Rozvoj a implementace Průmyslu 4.0 přináší velké množství příležitostí, a to do takové míry, že pro průmyslové podniky se časem stane nezbytností jejich využití, pokud si mají udržet svojí konkurenční schopnost na trhu. Mezi tyto příležitosti patří:

- **zlepšení ziskovosti společnosti** kvůli optimalizaci toku materiálu, rychlejšímu uvedení produktu na trh, optimalizaci výrobních prostorů a zařízení, lepšímu využití zdrojů, snížení množství odpadů, zvětšení výrobních kapacit a nižší náklady na skladování [26] [27]
- **snížení emisí uhlíku a škodlivých plynů** díky zvýšení účinnosti a flexibility výroby a menšímu plýtvání [26] [28]
- **podpora rozvoje ekonomiky**, a to především u méně rozvinutých podniků, u nichž by došlo k urychlení modernizace. [26]
- **udržitelnost energií** kvůli snazší implementaci obnovitelných zdrojů energie a celkové nižší spotřebě energií. [26] [28]
- **rozvoj lidských zdrojů** snížením podílu málo kvalifikované práce. Díky automatizaci dochází ke snížení náročnosti fyzické náročnosti procesů. [26]
- **zvýšení efektivity výroby** kvůli sledování dat z výrobního procesu, podle kterých je možné zlepšit opatření pro řízení, usnadňují údržbu v reálném čase, monitorovat výkon stroje v reálném čase, zvýšit efektivitu plánování a snížit prostoje strojů. Dalším efektem automatizace je snížení množství lidských zásahů do procesu a tím snížení rizika chyb a úrazů. [26]
- **snížení výrobních nákladů** díky možnosti nepřetržité výroby, lepší ovladatelnosti výroby, zlepšení přesnosti a kvality výroby, efektivnější údržbě a zjednodušení procesu nákupu. [26] [28]
- **agilita a flexibilita výroby** kvůli snížení nákladů na rozhodnutí o úpravě výroby a procesů. [26] [29]

- **modularita výroby** umožňuje kratší dobu uvedení na trh, snížení složitosti výroby a nákladů, zvýšení kvality, delší životnost a větší efektivitu. [26]
- **řízení rizik a bezpečnosti** díky použití inteligentních kamer a systémů sledování polohy jak lidí, tak robotů, lze automaticky a s předstihem upozornit na potenciálně nebezpečné situace. Dále automatizace snižuje množství lidí ve výrobě, čím snižuje riziko vážných úrazů. [26]
- **digitalizace a integrace dodavatelského řetězce**, která umožňuje rovnoměrné pracovní zatížení v celém dodavatelském řetězci, vyšší provozní efektivitu, integraci finančních toků a společné plánování. [26]
- **možnost modernizace stávajících strojů**, jelikož výrobní zařízení v továrnách mají předpokládanou životnost 20 a více let, kvůli čemuž je vhodné řešení modernizace stávajících strojů osazením systémy snímačů, pohonů a logických členů. Toto řešení je zvláště vhodné pro menší a střední podniky, jelikož je výrazně levnější než pořízení nových strojů. [29]

5.3 Rizika průmyslu 4.0

- **Velké počáteční investice**, jelikož zavedení myšlenky průmyslu 4.0 požaduje velké finanční investice, které mohou být problematické i pro velké společnosti, je to riziko obzvláště velké pro malé a střední podniky, pro které by mohla být neúspěšná implementace likvidační. [30] [31] [32]
- **Nedostatečně kvalifikovaní zaměstnanci**, protože průmysl 4.0 vyžaduje zcela nové dovednosti, a to například schopnost řešit problémy, analyzovat poruchy, vypořádat se s neustálými změnami a pracovat s velkým množstvím dat včetně jejich sběru, zpracování a vizualizace. [31] [32]
- **Zánik některých pozic**, jelikož velké množství především pozic s nižší kvalifikací bude automatizováno, můžou tito zaměstnanci

přijít o práci, což může způsobit růst nezaměstnanosti a sociální problémy. [29] [32]

- **Potřeba decentralizace řízení**, jelikož průmysl 4.0 předpokládá velkou flexibilitu řízení společnosti, musí dojít k přenosu rozhodovací odpovědnosti z vedení společnosti na nižší úrovně, aby mohla být tato rozhodnutí přijímána dostatečně rychle. [29] [32]
- **Nedostatečné internetové pokrytí**, protože bude třeba přenášet velké množství dat v reálném čase, bude nezbytné dostatečně rozšířit přenosovou síť, aby tento nápor zvládla. [33]
- **Velké množství dat**, jelikož z výrobního procesu je možné získat ohromné množství dat, je klíčové data správně zpracovat, vybrat z nich klíčové charakteristiky, ty následně sledovat a řídit podle nich proces. Dalším problémem je kombinace těchto dat z různých částí společnosti a jejich vzájemné vyhodnocení. [31]
- **Kybernetické zabezpečení**, již v současné době 31 % společností zažilo kybernetický útok na operační technologie a dá se předpokládat, že s nástupem průmyslu 4.0 toto riziko poroste. Z tohoto důvodu je velmi důležitá ochrana počítačových systémů, protože rovněž poroste množství dat, které bude možné ukrást či poškodit, ale zároveň většina společností se v roce 2017 domnívala, že nemají systémy dostatečně zabezpečené. [30] [31] [34]

6 DIGITALIZACE KONTROLY ŠROUBOVÝCH SPOJŮ

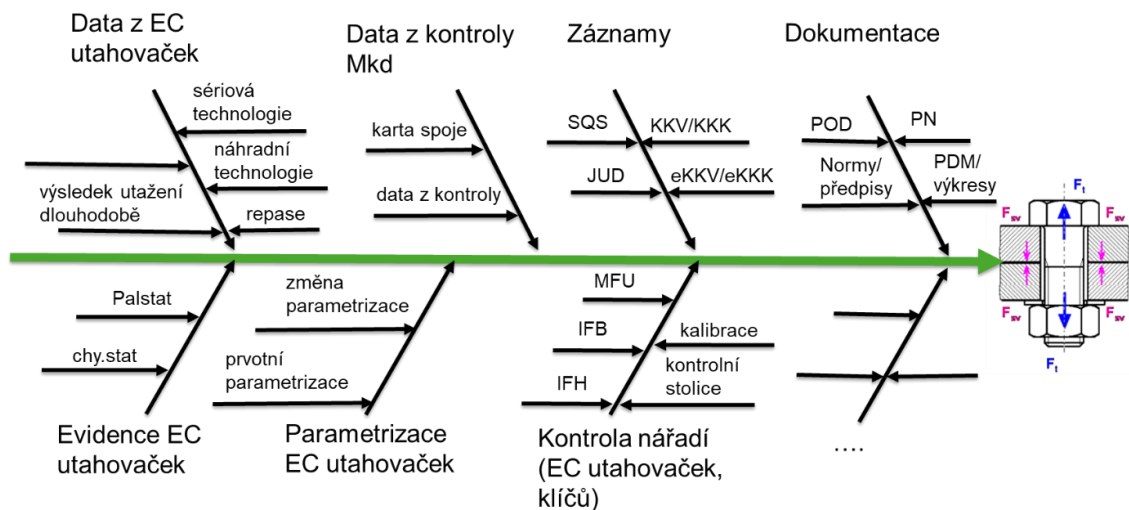
Předmětem digitalizace jsou $M_{NA}(M_{KD})$ měření, které byly popsány dříve v kapitole 3.2. Digitalizace v průmyslu znamená všeobecně krok kupředu. Sledovatelnost měření v systému je transparentnější, není nutné procházet a ukládat stohy papírů, případně v takovém množství vyhledávat. Digitalizace zároveň představuje možnost sledovat veškerá dostupná data.

6.1 Cíle projektu digitalizace

Cílem projektu je vytvořit jednotné prostředí pro zpracování, vizualizaci a archivaci dat z kontroly šroubových spojů v rámci celé společnosti (výroba vozů a komponentů). Projekt cílí na zasíťování kontrolních momentových klíčů (STwrench) a snímačů. Získaná data bude zpracovávat aplikace QA Supervisor a aplikace chy.stat bude vyhodnocovat a vizualizovat výsledky.

V bodech:

- Sjedenění a standardizace procesu kontroly šroubových spojů.
- Standardizace HW a SW pro kontrolu šroubových spojů.
- Zasíťování kontrolních momentových klíčů.
- Sjedenění a standardizace procesu kontroly šroubových spojů v rámci společnosti.
- Zajištění robustnosti procesu kontroly šroubových spojů
 - Náhrada stávajícího řešení kontroly
 - Sjedenění způsobu zpracování a archivace dat
 - Standardizace požadavků na bezpečnost IT



Obrázek 38 Základní požadavky na spolehlivé šroubovací procesy

Šroubovací procesy jsou komplexní procesy sestávající se z utahování, kontroly, záznamu a dokumentace. Vstupující faktory v procesu jsou znázorněny v diagramu rybí kosti na obr. 38.

6.2 Současný stav

Pro spoje se založí karty ve statistickém softwaru q.stat. Z 50 hodnot M_{NA} pro jeden spoj se stanoví M_{NA} meze, ve kterých se pak měření musí pohybovat. Pokud se následně měření do stanovených mezí nevejde, resp. výsledek je NOK, pracovník musí kontaktovat Šroubovací laboratoř a problém je řešen, buďto úpravou mezí anebo úpravou předpisu utažení a dalšími zásahy z pohledu vývoje.

Pracovník určený pro měření M_{NA} , disponuje zkalibrovanými klíči STwrench s různými rozsahy měřitelných hodnot, tak aby pokryly portfolio měřených spojů. Měří se spoje, které jsou předem určené pro kontrolu M_{NA} v předepsaném intervalu, například jednou za směnu. Spoje určené pro kontrolu M_{NA} jsou všechny spoje kategorie A a B. Výsledky M_{NA} jsou zapsány do karty spoje viz. Příloha 1. Pracovník měří v řádu desítek spojů a každý z nich má jinou kartu. Musí tak disponovat s velkým množstvím karet a tyto karty následně 15 let archivovat.

6.3 SWOT analýza projektu

Analýza SWOT na obr. 39 zobrazuje, jaké jsou silné a slabé stránky projektu, pokud se týká interních záležitostí, příležitosti a hrozby faktorů externích. Analýza nám pomůže lépe porozumět a rozpoznat přednosti i úskalí projektu.

Externí faktory	Interní záležitosti
<p style="text-align: center;">Příležitosti (Opportunities)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Využití datových přenosů • Bezdrátová komunikace momentových klíčů do sítě Škoda • Standardizace procesu kontroly šroub spojů • Vytvoření jednotného prostředí pro celou společnost • Zpřístupnění výsledků hodnocení přes webový prohlížeč • Příprava na kontrolu nastavení EC utahovaček při nasazení a při provozování • Příprava na kontrolu způsobilosti EC utahovaček 	<p style="text-align: center;">Silné stránky (Strengths)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zrušení papírových přenosů • Vybavenost vybraných OJ (organizační jednotka) • Využití datových přenosů • Vizualizace a archivace dat z kontroly šroubových spojů • Zkušenost s vybavením Stwrench • Vytvoření jednotného prostředí pro celou společnost • Zpřístupnění výsledků hodnocení přes webový prohlížeč • Zjednodušený výpočet kontrolních mezi • Příprava na kontrolu nastavení EC utahovaček při nasazení a při provozování • Příprava na kontrolu způsobilosti EC utahovaček
<p style="text-align: center;">Hrozby (Threats)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Splnění všech požadavků IT • Informovanost uživatelů nového systému • Nebude zajištěno financování projektu • Aktualizace užívaných softwarů a vybavení (nové verze) • V rámci testování celého řešení nebylo možné odhalit všechna rizika 	<p style="text-align: center;">Slabé stránky (Weaknesses)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potřebné vybavení není všude tam, kde by se dalo po digitalizaci využít • Do projektu se nezapojí všechny potřebné OJ • Pro komunikaci s PSB bude nutné použít konvertor • Jedná se ho krabicové řešení, dodatečné požadavky na úpravy budou nákladnější případně je nebude možné realizovat v plném rozsahu • Projekt je postaven na řešení od firmy Atlas Copco, která dodává momentové klíče, kontrolní snímače, přenosné zařízení a potřebný SW a nebude tak možné připojit klíče od jiných výrobců bez přidavného řešení • SW neurní exportovat na PSB, komunikaci bude nutné řešit pomocí speciálního SW na standardizaci dat

Obrázek 39 SWOT analýza

6.4 Realizace projektu

Hlavním cílem bylo, aby se vystupující nástroje zapojené do procesu digitalizace editovaly tak, aby co nejlépe vyhovovaly požadavkům digitalizovaného měření. Zde uvádím jednotlivé činnosti prováděné v realizaci a zároveň k jakým nastavením jsem došel. U nastavování softwaru už jsou vidět pouze dosažená řešení, z důvodu obsahu a rozsahu práce, by bylo dle mého názoru zbytečné, uvádět každý krok, například odstranění řádku v chy.statu, či instalace nového firmwaru na STpady. Nicméně i tyto činnosti museli být provedeny.

Realizace projektu probíhala na více úrovních zároveň. Nejprve bylo potřeba shrnout jakým způsobem jsou prováděna měření v jednotlivých provozech. Zopakovat požadavky dané normou potažmo metodickým pokynem.

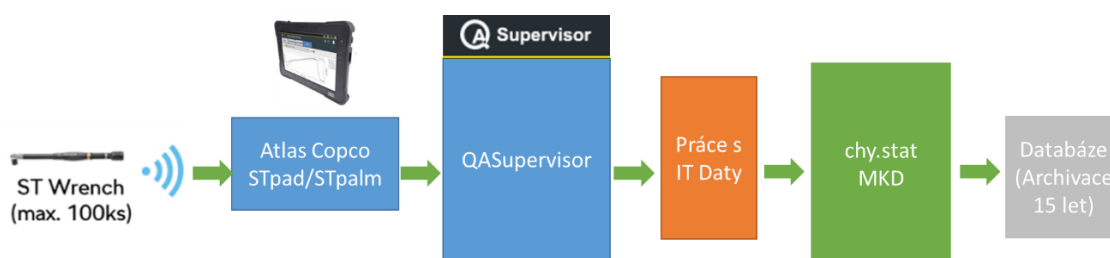
Zajištění potřebného vybavení si dle nákladových možností zajistil každý provoz sám.

Bylo zjištěno, že takřka každý provoz provádí M_{NA} měření s určitou mírou odlišnosti, a také se zaměřuje na interní požadavky, které mohou být na překážku. Jednotlivé provozy se odlišovaly například značením šroubových spojů. Často sledovaly spoje konkrétně a odlišovaly například totožné spoje na pravé a levé straně, jinými slovy neměřily z hlediska procesu, nýbrž konkrétně. Dále pro měření chybně používaly strategii špičky, jak bylo popsáno s pomocí obr. 22 v kapitole 3.2., správné je klíčem rozpoznávat reziduální moment. Tato chyba byla často způsobena vědomě, z důvodu původně stanovených mezí podle výsledků špičky. Mohlo tomu tak být proto, že daný provoz v době zavádění měření neměl k dispozici klíče, které by uměly reziduální moment detekovat. Kdyby po obdržení vhodného klíče, který umí reziduální moment rozeznat, začaly měřit hodnoty dle reziduálního momentu, avšak nedošlo by k přepočítání mezí, výsledky by se stávaly NOK, to by způsobilo chaos.

Se zavedením správného měření bylo vhodné začít současně s náběhem digitalizace. Tzn. při představování digitalizace se znovu provedla instruktáž ke správnému měření.

Dále bylo potřeba nakoupené vybavení STpady a STpalmy zaregistrovat do sítě Škoda a ve spolupráci s IT oddělením je uvést do stavu, kdy je možné zařízení využívat bez možnosti rizik a vyhovět tak přísným požadavkům Škoda Auto. Zároveň zajistit, aby zařízení fungovala pouze jako měřicí stanice.

Na schématu (obr. 40) jsou vyobrazeny jednotlivé kroky, jakým způsobem je třeba měřit, zapisovat, vyhodnocovat, přenášet a archivovat data z hlediska projektu. Jinými slovy posloupnost digitalizovaného procesu. Schéma zobrazuje tok dat, nicméně z hlediska tvorby měření je proces odlišný, bude popsáno níže.



Obrázek 40 Schéma toku dat z měření

Na začátku je měřicí zařízení STwrench, kterým disponuje operátor, ten má zároveň k dispozici odpovídající smartHeady neboli výměnné hlavice v momentovém rozsahu, jaký pro své měření potřebuje. Standardně ovšem disponuje několika momentovými klíči s různými hlavicemi, tak aby se při měření nemusel zaobírat jejich výměnou.

Dále má u sebe STpad/palm ve kterém je nainstalovaný software QAInspector, z hlediska operátora se prakticky jedná o digitální zápisník. Z hlediska procesu měření jde o prostředníka, který komunikuje jak s klíčem při samotném měření, tak s QASupervisorem, jakožto online prostředek pro přenos dat z měření do sběrnice.

Dalším prvkem je QASupervisor, ve kterém se tvoří jednotlivé inspekce, a také se zde shromažďují data. Do tohoto prostředí mají operátoři rovněž přístup, ovšem jsou omezeni pouze na své oddělení. Na rozdíl od toho šrouboví specialisté mají přístup napříč hierarchií a mohou tak analyzovat jednotlivá měření v kterémkoli místě provozu.

Přenos dat zajišťuje externí firma, která na základě domluvy přenáší z měření informace, jako je název spoje, výsledky měření v podobě změřeného momentu, jméno operátora, datum a čas náměru. Podle smluveného klíče přiřadí data do odpovídající karty spoje v chy.statu.

Chy.stat tedy získá data přenesená ze supervisoru do správné karty zadaného spoje a vyhodnotí výsledek, v případě NOK výsledků, automaticky informuje odpovědné pracovníky. Dále data putují do sběrnice (cloudu), kde je třeba je archivovat 15 let, dle předpisu.

Důležité bylo stanovit vhodný klíč, jakým způsobem se budou data přenášet, tzn. z naměřených dat do správné karty v chy.statu. Po diskusi s odborníky bylo nalezeno vhodné řešení. Chy.stat funguje tak, že když je založena karta jakéhokoliv spoje, software k ní přiřadí unikátní jedinečné číslo, pro vlastní potřeby práce s daty. A toto číslo je klíčové, stejné číslo se využije i v názvu prohlídky v QASupervisoru a to před lomítko (například: 7214_kulový čep), vhodný překladač přečte číslo a přiřadí k totožnému číslu do vytvořené karty v chy.statu.

6.5 Experimentální prezentace digitalizovaného procesu

Pro detailní popis průběhu digitalizovaného měření nejlépe poslouží praktická interpretace celého procesu na jednom konkrétním spoji, který podléhá M_{NA} měření.

Konkrétní vybraný spoj se nazývá Stabilizátor – rám a podléhá M_{NA} měření v provozu náprav. Pro toto pracoviště jsem v rámci představení procesu digitalizace vytvořil na základě jejich potřeb, veškeré spoje kontrolované nápravy pro konkrétní vůz.

6.5.1 Definice spoje v rámci SW chy.stat

V rámci jednotlivých pracovišť jsou vytipované spoje zpravidla s vyšší kategorickou rizikovostí (A a B), které podléhají M_{NA} kontrole, jak již bylo popsáno dříve v této práci. Tyto spoje jsou dále popsány a stejně tak je potřeba tyto spoje nejprve správně definovat, popsat a vizualizovat v rámci chy.statu. Jde o popis umístění spoje, definice označení, doplnění názvu, parametrů, značení ve výkresové dokumentaci, počet totožných spojů na díle. Dále stupeň jakosti, zmíněná kategorie a další možné informace relevantní pro sledování procesu. V horní části obr. 41 se po uložení informací vytvoří unikátní číslo (v tomto případě 1034), které je potom důležité pro další kroky. Každý provoz provádějící taková měření, má i pracovníky, kteří každý spoj takto sami definují v rámci chy.statu. A dále sledují i výsledky, případně informují šroubové specialisty. Software informuje i o uživateli, který spoj zadává, případně upravuje parametry a informuje i o datech, a celé historii vytvořeného spoje. Na obr. 41 jsou vidět všechny parametry zadané pro spoj Stabilizátor – rám.

Závod *	Vyroba komponentu MB	Pevnostní třída	8.8
Číslo karty	1034	Stupeň jakosti *	AW11
Provoz *	Montáž náprav ZN	Kategorie spoje *	A
Model *	ZN ENYAQ SK 316/x	PDM list (123 456 789)	
ID Spoje *	53 CDEF	TLD list (100 000 V1)	TAB.003.179.G
Název spoje *	Stabilizátor - rám	Operace/Takt	
Díl číslo *	N.107.658.01	Zkušební zařízení číslo	
Rozměr spojovacího materiálu	M8x30	Zkušební zařízení označení	
Počet spojů na díle *	4	Poznámka	
Mu (AD18)		Priorita	Normální
Moment a úhel (AW11/AW12)	20 Nm + 90°	Stav	Otevřená Historie...
Typ spoje *	Mna1 (Mkd1) - AB	Zadal uživatel	Štěpán Knapp (10.05.2022 12:58)
Pevnostní třída	8.8		
Stupeň jakosti *	AW11		

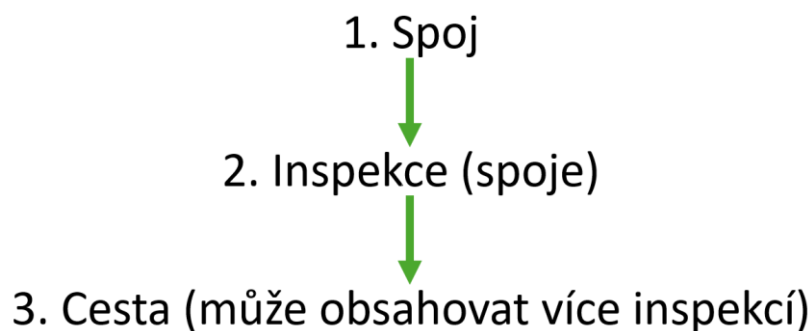
Obrázek 41 Nastavení karty spoje v chy.statu

V momentě, kdy je takto definovaný spoj v rámci chy.statu, dodají se data pro kontrolu procesu (tedy data z utažení), ty stanoví širší meze s klíčem pro nejvyšší hodnotu 1,2 násobek nejvyšší hodnoty ze vzoru většího množství dat, a pro hodnotu nejnižší 0,8 násobek hodnoty nejnižší. Dále jsou dohrány data z kontroly měření, minimálně 50 hodnot, z kterých se stanoví meze $M_{NA} \pm 3s$. Meze se stanovují automaticky, je pouze potřeba nahrát dostatečný počet hodnot. Tak tomu bylo i v tomto případě. Stanovené meze budou zobrazeny později ve vyhodnocení výsledků.

V tuto chvíli následuje další krok, definovaný spoj vytvořit v rámci SW QASupervisor. Nejdůležitější pro komunikaci je zmiňované unikátní číslo vytvořené chy.statem. V tomto případě, číslo 1034.

6.5.2 Definice a nastavení spoje v rámci SW QASupervisor

V rámci QASupervisoru je zadání spoje složitější, protože se zadává na více úrovních. Je tomu tak v zásadě proto, že zároveň definujeme i systém správného měření STwrenchem. Postup úrovní znázorňuje následující schéma (obr. 42):



Obrázek 42 Schéma tvorby spoje v QASupervisoru

1. Na základě zkušebních měření a výsledků utažení je zřejmé, v jakých hodnotách se budou výsledky kontrolovaného spoje pohybovat, v tomto případě kolem hodnoty 35 Nm. Proto bude potřeba použít smartHead STwrenche v rozsahu 15-150 Nm, to je důležité i pro

PODROBNOSTI SPOJE

UPRAVIT KOPÍROVAT INSPECTIONS

Název GQH - Mkd1 15-150

Popis

Identifikátor

Umístění [Audit výroby Enyaq ZN SK](#)
[316/5.6](#)

Stav Používá se

Třída rizika/funkce

Měrná jednotka N·m

Utahování

Dolní standardní úroveň utah...	16 N·m
Horní standardní úroveň utah...	150 N·m
Směr utahování	Ve směru hod. ruček
Úhel zkroucení	0 °
Tolerance úhlu zkroucení	± 0 °
Utahovací moment pro sledování	15 N·m

zadání spoje. V tomto případě jsem tak v prostředí QASupervisoru založil spoj, jehož důležité parametry jsou vidět na obr. 43. Spoj se ovšem zadává na dvou úrovních. Nejprve definice a spoje samotného a poté jeho prohlídky pro účely samotného měření. Protože se v tomto případě výsledná data (výsledky jednotlivých prohlídek) přenášejí do prostředí chy.statu, je tento krok pro potřeby digitalizace na úrovni Škoda Auto zbytečný, proto jsem nastavil takovou logiku, aby bylo zadávání co nejjednodušší.

Obrázek 43 Zadání spoje

Stanovení tolerancí, jsem tak volil dle kompletního rozsahu zvolené smartHead. Je to zjednodušení, které umožňuje lepší práci s STwrenchem. Název jsem zvolil tak, aby byl reprezentativní pro svoje oddělení a zároveň hned navedl na to ve kterém oddělení se se spojem pracuje a s jakým klíčem je možné měřit. V rámci QASupervisoru se pracuje s databází, ta bude obsahovat všechny spoje a prohlídky napříč celým podnikem. Protože se jedná o databázi, tak není možné, aby se jednotlivé názvy jakkoli shodovaly. I s tímto ohledem jsem navrhl ona označení. Dále je

vytvořena struktura závodu, ta kopíruje i strukturu definovanou v chy.statu. Je to pro jednodušší orientaci ve velkém množství spojů a prohlídek. Tak i tento spoj je zařazen do správného umístění. Další hodnoty týkající se úhlu jsou nulové, protože úhel v takovém měření neměříme. A dále utahovací moment pro sledování, tzn. úhel od kterého zaznamenáváme i křivku.

2. Dalším krokem v prostředí QASupervisoru je nastavení prohlídky (inspekce) tzn. parametry měření, s prohlídkou pak probíhá práce v STpadu, a zároveň výsledky v QASupervisoru jsou vlastně výsledky

PODROBNOSTI DEFINICE PROHLÍDKY

UPRAVIT KOPÍROVAT RUN

VÝSLEDKY PROHLÍDEK

Název 1034_53CDEF Stabilizátor rám 150

Barcode identifikér

Typ Kontrola spoje

Kontrolovaný spoj GQH - Mkd1 15-150

Umístění Audit výroby Enyaq ZN SK 316/5.6

Metoda Cp/Cpk

Scheduling by time

Parameters

Počet vzorků 4

Směr utahování Ve směru hod. ruček

Měrná jednotka N·m

Požadovaný převodník

Utahovací moment

LSL 16 N·m

USL 150 N·m

Cp min 0

Cpk min 0

Rozšířené parametry

Strategie Zbytkový utahovací moment/úhel

Začátek cyklu 0 N·m

Doba prodlevy západkového ústr 0.1 s

Vyměnit šroub 0 N·m

Utahovací moment pro sledování 15 N·m

Residual angle threshold 20 °

Breakaway angle threshold 3 °

prohlídek. Proto jsem číslo 1034 vložil do názvu prohlídky, před lomítko, tak aby byly data přiřaditelné, jak je vidět na obr. 44, dále v názvu interní označení 53CDEF, toto označení bude následně vidět i ve výsledné kartě v chy.statu, dále samotný název spoje a smluvenou informaci pro operátora (150), které označuje smartHEAD, kterou je potřeba použít. Počet vzorků, resp. počet „totožných náměrů“ jsou v tomto případě čtyři, pro čtyři spoje. Volba směru náměru, ve směru hodinových ručiček a měrná hodnota standardní Nm. Dále opět informace o umístění, široké tolerance, dle rozsahu smartHEAD, jak jsem psal výše. Na úrovni QASupervisoru

Obrázek 44 Zadání prohlídky

neprobíhá vyhodnocení náměrů, ale pouze jde o to nastavit správné měření. Následuje volba strategie, je volena jako zbytkový utahovací moment/úhel. Zajistí odečet reziduálního momentu. Požadavek je sledovat celý průběh náměru, tedy začátek cyklu nastaven na 0 Nm. Důležitými parametry jsou utahovací moment pro sledování, residual angle treshold a breakaway angle threshold, jsou nastaveny, tak, aby bylo možné sledovat celý průběh měření a odečet reziduálního

PODROBNOSTI CESTY ✕

UPRAVIT KOPIROVAT ODESLAT
ODESLAT CESTY

Název GQH1/4 Audit výrobku ZN
SK 316/5,6

Popis

▾ Vytváření plánů

Scheduling by time Denně

Každý 1 dny(dnů)

Next sending date 15-06-2022 07:19

Parameters

Měřicí zařízení STpad-A3641028
STpad-A3641033

Inspection sequence Free

Execution mode Multiple test

Typ Manuální

Prohlídky

	NÁZEV	TYP
3	1012_24EF Spoj. tyčka-hor...	Cp/Cpk
4	1034_53CDEF Stabilizátor ...	Cp/Cpk
5	998_05ABC E pohon rám 4...	Cp/Cpk
6	991_52B LWR senzor - rá...	Cp/Cpk
7	1023_VŘ24 spodní rameno...	Cp/Cpk
8	1022_12AB spodní rameno...	Cp/Cpk
9	1020_12CD spodní rameno...	Cp/Cpk
10	1019_52A LWR senzor - ra...	Cp/Cpk
11	1017_24AB spojovací tyč - ...	Cp/Cpk
12	1015_VŘ12 spojovací tyč - ...	Cp/Cpk
13	1013_16AB Spoj. tyčka - st...	Cp/Cpk

momentu proběhl správně.

3. Posledním krokem v QASupervisoru, je zadání cesty. Cesta jako jediná ze zmíněných předmětů, kterou je možné bezdrátově odeslat do STpadu. Zároveň může cesta obsahovat několik inspekcí, je tomu tak i u příkladu, který zde uvádím. Do tabletu se v jedné cestě posílají všechny inspekce u jedné nápravy konkrétního vozu. Podrobnosti zadání cesty jsou vidět na obr. 45. U cesty tedy volím opět důležitý název, tak aby odpovídal umístění a bylo rozlišeno o jaký vůz se jedná. U cesty je nastavená denní obnova, tato konkrétní kontrola sice

Obrázek 45 Zadání cesty

neprobíhá denně, ale v širších intervalech, kdy závisí na výrobě. Nicméně je důležité, aby se v čas, kdy bude operátor měřit, zobrazovaly jednotlivé prohlídky jako ještě nezměřené. Tak se operátorovi zjednoduší práce, protože bude přesně vědět, kterou inspekci již vykonal a kterou nikoli. SW automaticky zobrazuje další čas odeslání cesty. Potom jsou zde „měřicí zařízení“ resp. STpady, do kterých se cesta má odeslat. Inspection Sequence (sekvence prohlídky) je volná, jde o to, zda si pracovník bude vybírat ze seznamu sám, který spoj bude měřit nebo jestli se budou jednotlivé inspekce spouštět přesně po sobě a automaticky. Takto jde o nastavení, kdy si jednotlivé prohlídky vybírá sám operátor. Test je multiple (mnohonásobný), tedy obsahuje více prohlídek, jak již bylo zmíněno. Dále už jsou přiřazeny jednotlivé prohlídky.

Zadáním cesty je na úrovni QASupervisoru připraveno vše, to znamená, že může být cesta prostřednictvím tlačítka „odeslat“ za určitých podmínek (bude popsáno) odeslána do STpadu.

6.5.3 Příprava STpadu a párování STwrenche

Před odesláním je potřeba tablet zapnout a uvést do základního menu, či prostředí cesty, jinak není možné cestu odeslat. Vizuální podoba základního menu byla uvedena v kapitole 4.3. V příkladu jsem pracoval tak, že jsem se spojil s pracovištěm, které tabletem disponuje a požádal o zapnutí STpadu. Tak bylo možné cestu na zařízení odeslat.

Samotné měření pak probíhá tak, že se tablet musí spárovat a připojit ke klíči. Obě zařízení spolu komunikují prostřednictvím technologie Bluetooth. Pro párování se v tabletu vybere měřicí zařízení a potom se zvolí funkce párování. Zároveň se spustí STwrench stisknutím tlačítka ON, aby párování probíhalo i ze strany klíče, musí se na klíči stisknout následující párovací sekvence (obr. 46):



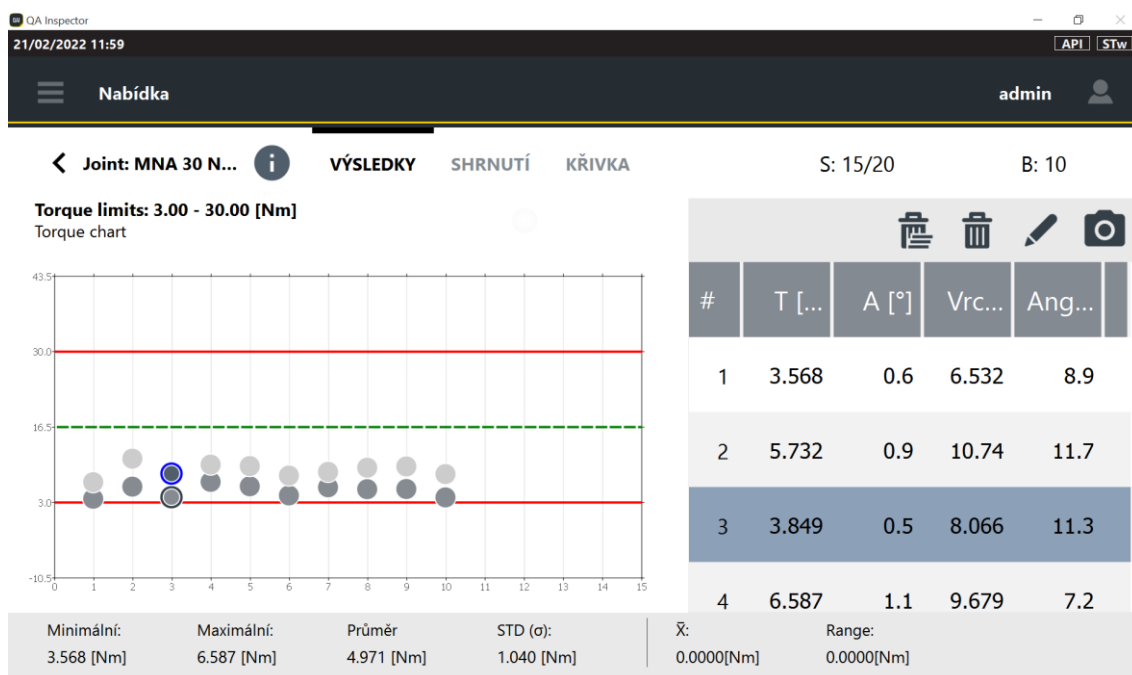
Obrázek 46 Párovací sekvence

Dále už párování probíhá automaticky. Po dalším spuštění zařízení a STwrenche, již není nutné párování znovu provádět. Klíč i tablet si informace o komunikaci ukládají.

Po napárování klíče se v tabletu může zapnout inspekce a provést měření, viz. příloha 2.

6.5.4 Výsledky měření

Po provedeném náměru se náměr nejprve ukáže v tabletu (obr. 47, 48) a poté je odeslán do QASupervisoru. Protože měření spoje stabilizátor-rám prováděl operátor, můžu zde uvést jiný příklad, kdy jsem testoval podobné měření.



Obrázek 47 Náměry v STpadu



Obrázek 48 Graf náměru v STpadu (QAInspector)

Dále je tedy možné analyzovat výsledky v QASupervisoru. Zobrazení je detailnější, vidět jsou jak odečtené hodnoty reziduálního momentu a peaku, ale i změna úhlu atd. (obr. 49).

Č. s...	UTAHOVACÍ ...	Δ [%...]	ÚHEL [°]	TORQUE PE...	ANGLE AT T...
1	34.9	-57.95	3.8	36.65	12.9
2	33.45	-59.7	1.7	37.68	8.4
3	33.88	-59.18	2.3	36.3	7.6
4	37.38	-54.96	4.3	38.24	7

Obrázek 49 Výsledky z měření v QASupervisoru

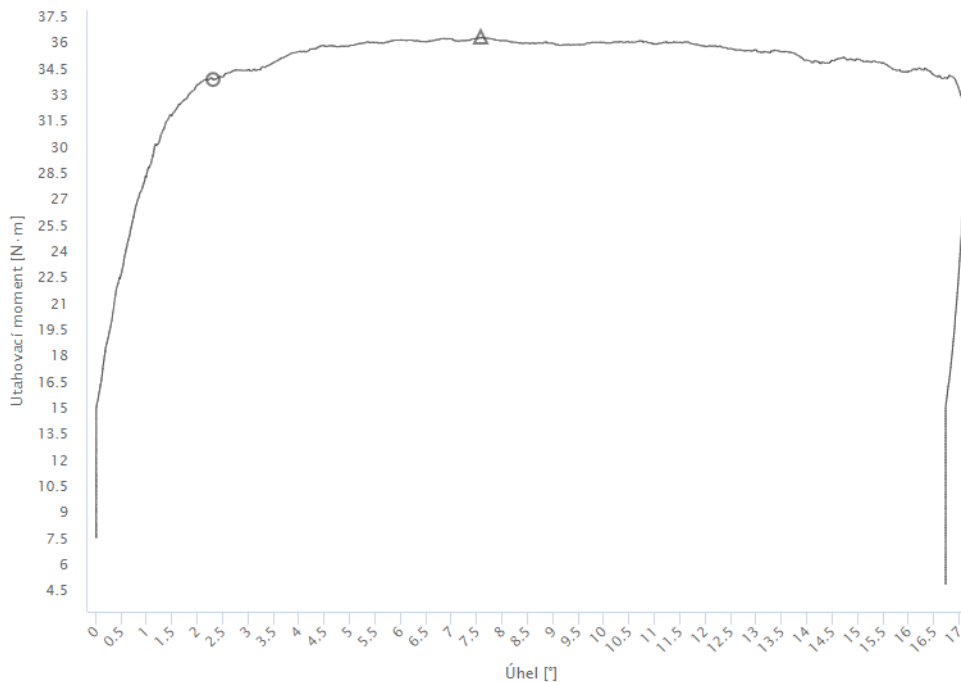
V informacích samozřejmě nechybí přesné zadatování, včetně jména operátora (obr. 50).

Dohledatelnost	
NÁZEV	HODNOTA
Č. sekvence	1
Datum	31-05-2022 10:22:35
Výrobní číslo převodníku	30480499
Operator	Aleš
Pictures	not available

Obrázek 50 Informace o měření

Také je možné studovat křivku různých závislostí viz. obr. 51, nejlépe ji zobrazuje křivka moment/úhel. Dále pak kombinace těchto hodnot

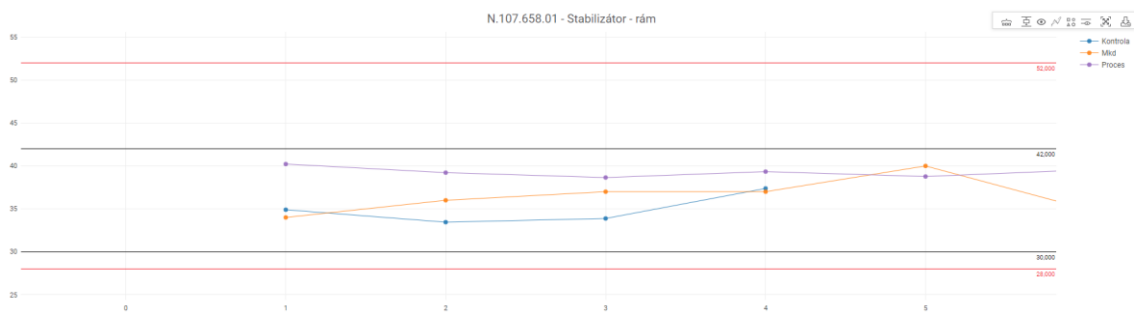
v čase. QASupervisor také umožňuje jednotlivé náměry z výsledku zobrazit a porovnávat mezi sebou.



Obrázek 51 Graf 3. náměru v uvedeném příkladu (závislost utahovacího momentu na úhlu)

Posledním krokem je přesunout vhodná data do chy.statu. Po analýze veškerých dat, které je možné detekovat, jsem zvolil taková, aby splňovala informace o výsledcích a zároveň zajišťovala transparentnost procesu. Byly vybrány charakteristiky jako jedinečné číslo, které přiřazuje výsledek, dále výsledek samotný, tedy reziduální moment, jméno obsluhy, datum a čas náměru. Náměr se sám postupně dohrává do řady hodnot v čase, právě včetně údajů o změně.

V QASupervisoru je možné vygenerovat datový report (příloha 3).

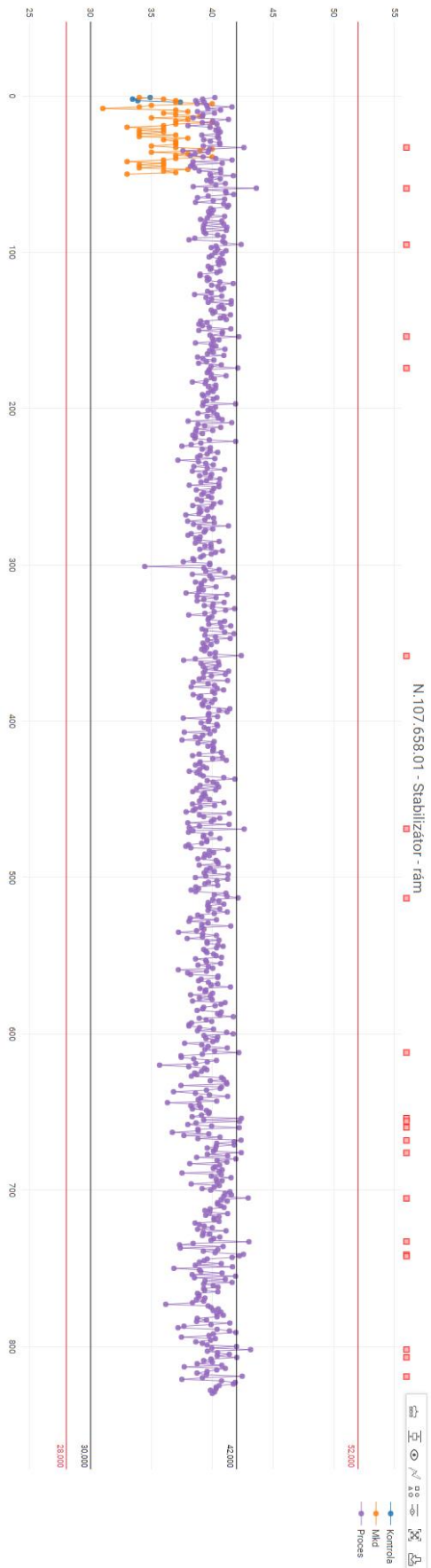
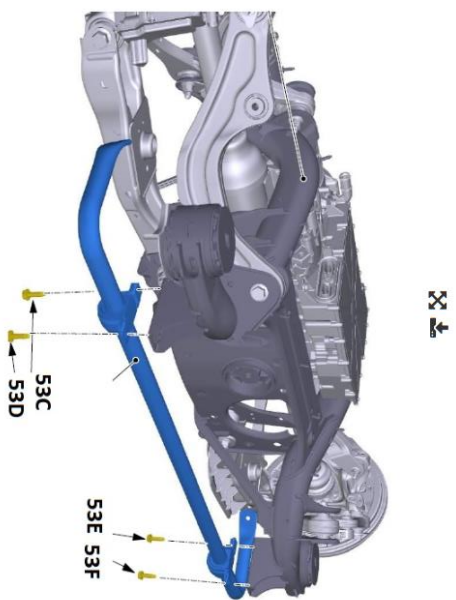


Obrázek 52 Graf náměrů zobrazený v chy.statu (závislost utahovacího momentu na počtu náměrů)

Na obr. 52 je detail výsledného grafu, kde červené linky jsou hranice procesu, černé hranice M_{NA} automaticky spočtené softwarem chy.stat. Dále pak fialové hodnoty z procesu, oranžové M_{NA} hodnoty pro výpočet M_{NA} mezí a čtyři modré náměry shodné s náměry z obr. 49, které sem byly automaticky převedeny.

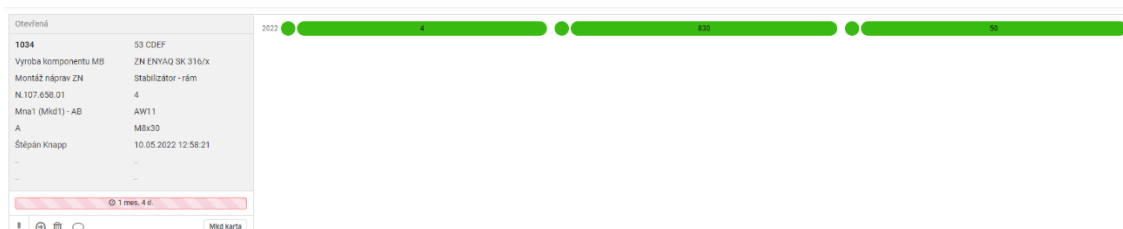
Následně zde uvádím celou výslednou kartu obr. 53. Hodnotící proces obsahuje veškeré relevantní informace, tak jak byly zadány v chy.statu, vložený obrázek resp. 3D model, dále automaticky spočtené meze a jejich konkrétní hodnoty. Za použití kurzoru je možné přejít na konkrétní hodnotu, kde se ukáží informace o hodnotě, datumu, času a jménu operátora. Dále můžeme graf zobrazovat různými způsoby, resp. nastavovat, které meze budou vidět a které ne. Stejně tak můžeme zobrazovat jednotlivé datové řady zvlášť (z procesu, M_{NA} , z kontroly). Pokud se v budoucnu stane, že se některá z naměřených hodnot do stanovených tolerancí nevejde, software automaticky informuje šroubového specialistu. Taktéž operátor má možnost, přímo přes chy.stat kontaktovat šroubového specialistu. To provede tak, že přímo v kartě označí příslušnou osobu. Odborný pracovník je tak okamžitě kompletně informovaný, především o jaký spoj se jedná a samozřejmě vidí naměřené hodnoty.

Karta pro Stanovení mezí Mkd		Mhst (Mkd) - AB	
Název spoje	Stabilizátor - rám	Číslo dílu	N.107.658.01
Moment a úhel	20 Nm + 90°	Počet spojů	4
Mhst (Mkd) min	30,000	Mhst (Mkd) max	42,000
Dolní toleranční mez	28,000	Horní toleranční mez	52,000
pozn: Pokud jsou některé naměřené hodnoty < DTV, nebo > HTV, je nutné kontaktovat frábrenou laborant! iii			
Permetní třída	8,8	Kategorie spoje	A
PMI list	PMI list	Typ listu	TAB.003.179.G
Roční	MBS.30	Stupeň jakosti	AWT 1



Obrázek 53 Výsledná karta v chy.statu

Karta v chy.statu může být zobrazena také ve zjednodušeném náhledu, jak je vidět na obr. 54. Tzn. opět jsou zde informace o kartě a zelené linie zobrazující počet náměrů, který karta obsahuje. Kdyby některé hodnoty překračovaly spočtené hranice, příslušné linie by svítily červeně.



Obrázek 54 Náhled měření v chy.statu

Zde v chy.statu se tedy primárně sledují výsledky měření. Systém je pak dále po určitých intervalech odesílá na cloud, kde jsou data archivována.

Nicméně v případě analýzy problému se šroubový specialista může opět vrátit zpět do QASupervisoru, kde je možné zobrazit i velice důležitou křivku, potom zhodnotit závažnost problému a případně neshodu dále řešit dalšími analýzami. To už je ale nad rámec této práce.

7 VYHODNOCENÍ PROJEKTU

Projekt digitalizace přinesl určité přínosy, ale také některé nedostatky či problémy. V této kapitole se je pokusím popsat a navrhnout i možný další vývoj.

7.1 Přínosy digitalizované kontroly

- Na prvním místě bych uvedl velmi důležitou transparentnost celého procesu. O operátorově měření víme téměř vše, operátor sám svoje výsledky nezmění. Lze jednoznačně identifikovat, jaké konkrétní pracovník použil nářadí, jak měl konkrétně nastavený proces, kdy měření probíhalo a zároveň je monitorován celý proces měření v rámci konkrétního pracoviště v čase.
- Dále neméně důležité analyzování křivky měření, které je snadno dohledatelné. Tzn. ke každému provedenému náměru můžeme vidět celou křivku měření, která je pro analýzu měření zásadní, a je tak možné jednodušeji analyzovat příčinu problému. Může to snižovat potřebu provádět další měření pro následnou analýzu, a tím se zrychluje přijetí nápravných opatření zamezujících opětovnému výskytu.
- Významným přínosem je nově zavedené ukládání dat na cloud. Výhoda je především v dohledatelnosti, ale také v úspoře prostoru, šetření papírem, a také usnadnění manipulace s naměřeným materiálem.
- Lepší informovanost o měření pro šroubové specialisty, ale také pro operátory, kteří můžou rovněž sledovat veškeré výsledky ve všech prostředích s omezenou možností editace.
- Využití potenciálu STwrenchů, které často nebývají stoprocentně využité. Myslím tím možnost odečítat reziduální moment, ale také sledování křivky, či bezdrátovou komunikaci.
- Přispění ke standardizaci procesu kontroly měření šroubových spojů.

7.2 Nedostatky a problémy projektu

Některé body nemusí být pouze nedostatkem projektu, ale i problémem, který souvisí s digitalizací všeobecně. Například nabíjení veškerého vybavení, s čímž se u bezdrátových zařízení musí počítat.

- Komplexní řešení. Digitalizace vybízí k nastavení všech úrovní projektu najednou, před jeho spuštěním. Ovšem nástroje vystupující v projektu často odhalily své nedostatky ve chvíli, kdy už se počítalo s jejich stoprocentní funkčností.
- Nastavení QASupervisoru je poměrně složité a neodpovídá jednoduchosti měření jako takovému.
- Zmíněné párování STpadů/palmů se STwrenchi vykazuje problémy. V provozu často bývá mnoho bezdrátových zařízení a technologií, které mnohdy ztěžují párování pro tato zařízení. Přičemž rychlé spojení tabletu s klíčem je zásadní předpoklad pro provedení měření.
- Veškerá zařízení se musí udržovat v nabitém stavu, přibývá tak zařízení, u kterých se musí pravidelně kontrolovat stav baterie. Bez nabitého vybavení není možné měření provádět.
- Veškeré aktualizace, kalibrace takto inovativních zařízení stojí peníze, pro správnou funkčnost, je tak třeba počítat s investicemi do budoucna.
- Projekt je závislý na řešení od firmy Atlas Copco, je tomu tak proto, že Škoda Auto pracuje s velkým množstvím zařízení od tohoto výrobce.

7.3 Návrhy na zlepšení

- Je tu velký prostor pro sledování měření a následnou editaci zobrazení jednotlivých informací v chy.statu, nebo lepší zobrazení náměrů a jednoznačnější zadávání karty.
- Zavedení do měření nejenom M_{NA} kontroly, ale také M_P měření.

- Dosažení ještě větší unifikace zadávání názvů spojů a jejich umístění.
- Spolupráce s Atlas Copco na úpravě QASupervisoru a dalších nástrojů pro účely Škoda Auta, aby prostředí lépe odpovídalo reálným podmínkám.
- Celý proces měření bude nutné dále monitorovat a dále vyhodnocovat, zda jsou zavedené postupy nejlepším dosažitelným řešením.
- Projekt má prostor se rozšířit do dalších provozů v podniku, ne všechny provozy mají dostatečné vybavení.

8 ZÁVĚR

V této diplomové práci jsem se věnoval digitalizaci šroubových spojů ve Škoda Auto. Šroubové spoje jsou jedním ze základních konstrukčních prvků v automobilovém průmyslu, proto podléhají pravidelné procesní kontrole. Četnost těchto kontrolních měření ve Škoda Auto je tak vysoká, že vyžaduje digitalizaci.

V práci jsem nejprve uvedl problematiku šroubových spojů obecně, dále jsem se věnoval monitoringu, nástrojům vystupujícím v procesu digitalizace, kvalitě, realizaci a zhodnocení projektu, včetně popisu stavu před digitalizací.

Realizaci projektu jsem zpracoval na praktickém příkladu z běžného provozu. Jedná se o finální nastavení celého procesu.

Problematickým bodem bylo nastavení měření v QASupervisoru, následně jeho maximální zjednodušení a předání jednotlivým pracovníkům. Tyto dílčí kroky se však podařilo vyřešit a pracovníci s použitím návodu, který jsem pro tyto účely vytvořil, nemají problém měření správně nastavit.

Cíle, které jsem si v této práci vytyčil, a které zároveň kopírují zadání, byly naplněny. Proces je v současné době, přes některé nedostatky, plně digitalizován. Zároveň jsem uvedl i podněty k dalšímu možnému vývoji digitalizovaného měření.

9 CITOVANÁ LITERATURA

- [1] Bureš, v. *Části strojů I: části spojovací, hřídele, osy, ložiska a spojky*. 4. vyd. Plzeň: VŠSE, 1988.
- [2] PROCHÁZKA, Jaroslav. *Šroubové spoje. GQM-2-Šroubové centrum: Presentation presented at Škoda Auto a. s. Škoda Auto*, 2021.
- [3] HORTON, Zepr. *Přehled spojů. SlideServe* [online]. 2014 [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: <https://www.slideserve.com/zeprhorton/p-ehled-spoj>
- [4] KLETEČKA, Jaroslav a Petr FOŘT. *Technické kreslení*. Vyd. 1. Brno: CP Books, 2005, 252 s. ISBN 80-251-0498-2.
- [5] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření*. Šesté vydání. Úvaly: Albra, 2017. ISBN 978-80-7361-111-8.
- [6] GREČENKO, Alexandr. *Strojní součásti I. 2.*, upr. vyd. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2010. ISBN 978-80-7414-240-6.
- [7] *Závitníky, kalibry, přehled závitů - Tessogu: Poskytování služeb v oboru strojírenství* [online]. TeSoGu [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: <http://tesogu.cz/nastroje-pro-obrabeni/zavitovani/>
- [8] VW 01110-1. *Threaded Connections*. Volkswagen Aktiengesellschaft, 2020.

- [9] *GQZ - Management systému kvality: Příručka IMS*. Škoda Auto a. s., 2021.
- [10] *Metody kvality* [online]. Mladá Boleslav: Škoda Auto a. s. [cit. 2021-11-23]. Dostupné z: <https://eportal.skoda.vwg/b2eportal/group/specialized-information/metody-kvality-a-statisticke-metody>
- [11] *FMEA - Failure Mode and Effect Analysis* [online]. MBK S. R. O. [cit. 2021-11-23]. Dostupné z: <https://www.mbk.cz/podpora-firem/f-m-e-a>
- [12] SHEU, D.Daniel, Ming-Chaun CHIU a Dimitri CAYARD. *The 7 pillars of TRIZ philosophies* [online]. [cit. 2021-11-23]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106572>
- [13] SAURIN, Tarsicio, José RIBEIRO a Gabriel VIDOR. *A framework for assessing poka-yoke devices* [online]. [cit. 2021-11-23]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2012.04.001>
- [14] PROCHÁZKA, Jaroslav. *Monitoring a řízení šroubovacích procesů: Presentation presented at Škoda Auto a. s.* 2021.
- [15] PULDA, Oldřich. *MP.1.133. Šroubové spoje a šroubovací procesy: Metodický pokyn*. 2021.
- [16] VW 01110-3. *Šroubové spoje, parametrizace EC šroubovací techniky*. Volkswagen, 2018.
- [17] VW 01110-2. *Šroubové spoje*. Volkswagen, 2018.
- [18] PROCHÁZKA, Jaroslav. *Koncept měření MNA1, MNA2: Presentation presented at Škoda Auto a. s.* 2021.

- [19] ATLAS COPCO. *Návod k obsluze JSB 3860 - 3840 - 3890: Montážní nářadí a systémy Atlas Copco*. 2010.
- [20] ATLAS COPCO. *User Guide STWrench: Atlas Copco Industrial Technique AB*. Vyd. 3.6. 2022.
- [21] ATLAS COPCO. *STpad Configuration Manual: Data Controller*. Vyd. 6.3. 2021.
- [22] TAY, S.I. a T.C LEE. *Industry 4.0: Current practice and challenges in Malaysian manufacturing firms* [online]. [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101749>
- [23] KOOHANG, Alex, Carol SERGENT, Jaretta NORD a Joanna PALISKYKIEWICY. *Internet of Things (IoT): From awareness to continued use* [online]. [cit. 2022-04-22]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102442>
- [24] TANG, Ling, Jieyi HONGUCHAN DU, Jun WU a Shouyang WANG. *Big Data in Forecasting Research: A Literature Review* [online]. [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.bdr.2021.100289>
- [25] *Průmysl 4.0* [online]. [cit. 2021-11-30]. Dostupné z: <https://www.prumysl-4.cz/>
- [26] *Journal of Cleaner Production* [online]. [cit. 2021-10-12]. ISSN 09596526. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652619347390>

- [27] SCHRAUF, Stefan a Philip BERTTRAM. *Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet* [online]. PwC [cit. 2021-10-24].
- [28] WAIBEL, M.W., L.P. STEENKAMP, N. MOLOKO a G.A. OOSTHUIZEN. Investigating the Effects of Smart Production Systems on Sustainability Elements. *Procedia Manufacturing* [online]. 731-737 [cit. 2021-10-25]. ISSN 23519789. Dostupné z: doi:10.1016/j.promfg.
- [29] STOCK, T. a G. SELIGER. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP* [online]. 2016, **40**, 536-541 [cit. 2021-10-25]. ISSN 22128271. Dostupné z: doi:10.1016/j.procir.2016.01.129
- [30] KÜSTERS, Dennis, Nicolina PRAß a Yves-Simon GLOY. Textile Learning Factory 4.0 – Preparing Germany's Textile Industry for the Digital Future. *Procedia Manufacturing* [online]. 2017, **9**, 214-221 [cit. 2021-10-25]. ISSN 23519789. Dostupné z: doi:10.1016/j.promfg.2017.04.035
- [31] VAIDYA, Saurabh, Prashant AMBAD a Santosh BHOSLE. Industry 4.0 – A Glimpse. *Procedia Manufacturing* [online]. 2018, **20**, 233-238 [cit. 2021-10-25]. ISSN 23519789. Dostupné z: doi:10.1016/j.promfg.2018.02.034
- [32] MAMAD, Mohamed. Challenges and Benefits of Industry 4.0: an overview. *International Journal of Supply and Operations Management* [online]. 1-10 [cit. 2021-10-25]. Dostupné z: doi:10.22034/2018.3.7
- [33] WANG, Shiyong, Jiafu WAN, Di LI a Chunhua ZHANG. Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook.

International Journal of Distributed Sensor Networks [online]. 2016, **12**(1) [cit. 2021-10-25]. ISSN 1550-1477. Dostupné z: doi:10.1155/2016/3159805

- [34] LEZZI, Marianna, Mariangela LAZOI a Angelo CORALLO. Cybersecurity for Industry 4.0 in the current literature: A reference framework. *Computers in Industry* [online]. 2018, **103**, 97-110 [cit. 2021-10-25]. ISSN 01663615. Dostupné z: doi:10.1016/j.compind.2018.09.004

10 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Původní karta spoje

INTERNAL



Dokumentované šroubové spoje

Závod / model		Měsíc/rok		Středisko :		Číslo dílu :		Kontrolní spoj																																											
MBI / SK38		04 / 2022		34771.2.3		VHT 000 869		27																																											
Měří :		Operace :		Název dílu :		Rozebrán Mkd1 :		Moment pro kontrolu 4 oří :																																											
A1-Helkar A2-Sucharda A3-Hegr B1-Penoušek B2-Augustin B3-Fulík C1-Hedva C2-Capall C3-Budak		Koštra v motorovém prostoru L + P Způsob kontroly : 1 x za směru		/2 + 2lx malice M6		10 - 16 Nm		Utlahovací moment M10 8,0 Nm																																											
<table border="1"> <tr> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> <th>16</th> <th>17</th> <th>18</th> <th>19</th> <th>20</th> <th>21</th> <th>22</th> <th>23</th> <th>24</th> <th>25</th> <th>26</th> <th>27</th> <th>28</th> <th>29</th> <th>30</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																					
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																															
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Měření vyřazení</td> <td colspan="2">Svorkovní (Nm) : 7,5 - 4,5</td> <td colspan="2">Součet 120</td> <td colspan="2">Třís šroubků 0</td> <td colspan="2">Nář šroubků 0</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Šroub A</td> <td colspan="2">Šroub B</td> <td colspan="2">Šroub C</td> <td colspan="2">V šroubků N 0</td> <td colspan="2">Nář šroubků N 0</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Zeleneš</td> <td colspan="2">Zeleniš</td> <td colspan="2">MOSKÁ</td> <td colspan="2">V šroubků N 0</td> <td colspan="2">Nář šroubků N 0</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Výrobce: Capell Jamill</td> <td colspan="2">Měří: 7/23/2022</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>										Měření vyřazení		Svorkovní (Nm) : 7,5 - 4,5		Součet 120		Třís šroubků 0		Nář šroubků 0		Šroub A		Šroub B		Šroub C		V šroubků N 0		Nář šroubků N 0		Zeleneš		Zeleniš		MOSKÁ		V šroubků N 0		Nář šroubků N 0		Výrobce: Capell Jamill		Měří: 7/23/2022									
Měření vyřazení		Svorkovní (Nm) : 7,5 - 4,5		Součet 120		Třís šroubků 0		Nář šroubků 0																																											
Šroub A		Šroub B		Šroub C		V šroubků N 0		Nář šroubků N 0																																											
Zeleneš		Zeleniš		MOSKÁ		V šroubků N 0		Nář šroubků N 0																																											
Výrobce: Capell Jamill		Měří: 7/23/2022																																																	

Ex. č./Ev. nř. PR 004 S 15
Platnost od: 01.04.2019

SKODA AUTO a.s., tř. Václava Klementa 869, Mladá Boleslav II, 293 01 Mladá Boleslav, Czech Republic

29/02

Příloha 2 Zobrazení cesty a prohlídek v zařízení STpad (QAInspectoru)

QA Inspector 21/06/2022 12:21 admin

Nabídka

Route

SCAN PŘIDAT VYBRAT

NÁZEV	POŘADÍ	STAV	
GQH1/4 Audit výrobku ZN SK 316/5,6	Libovolná	Not completed	▶
GQM - 2 Měření kulových čepů	Libovolná	Not completed	▶
GQM - 2 Test cesty více spojů	Libovolná	Not completed	▶
GQM-2 Palivová nádrž	Libovolná	Not completed	▶
MEB_H125	Libovolná	Not completed	▶

QA Inspector 21/06/2022 12:22 admin

Nabídka

Upravit cestu

VŠEOBECNÉ PROHLÍDKY

FILTER VYBRAT

#	STAV	PROHLÍDKA	TYP	LOCATION	
1	To do	988_01ABC (400) Opěr...	Spoj	Audit výrobku Enyaq Z...	▶
2	To do	993_53BA (30) držák k...	Spoj	Audit výrobku Enyaq Z...	▶
3	To do	1012_24EF (150) Spoj. ...	Spoj	Audit výrobku Enyaq Z...	▶
4	To do	1034_53CDEF (150) Sta...	Spoj	Audit výrobku Enyaq Z...	▶
5	To do	998_05ABC (400) E po...	Spoj	Audit výrobku Enyaq Z...	▶

Příloha 3 Report v QASupervisoru

Cp/Cpk Joint Check - Inspection Report

companyLogo

1034_53CDEF Stabilizátor rám - GQH - Mkd1 15-150

General Test Info

Test method: Cp/Cpk
 Strategy: Zbytkový utahovací moment/úhel

Joint data

Joint: GQH - Mkd1 15-150
 Tightening direction: CW
 Tightening torque: 83.00 N·m
 Tightening angle: 0.0 °

TORQUE Test Parameters

Target: 83.00 N·m
 USL: 150.00 N·m
 LSL: 16.00 N·m
 Tolerance: 80.7%
 Cp MIN: 0.0
 Cpk MIN: 0.0
 Final angle monitoring torque: 15.00 N·m

Quality Statement:

Inspection date: 31-05-2022 10:23
 Next check date: -
 Issue date: 14-06-2022 10:04

Operator: Aleš
 Approver: Praktikant Štěpán Knapp
 Final test outcome: **OK**

Measuring Instruments

Measuring Instrument	Serial number:	Manufacturer	Model	Part code
STpad-A3641033	A3641033	Atlas Copco	STpad	8059095700

Transducers

Name: -
 Serial number: 30480499
 Manufacturer: -
 Model: -
 Part Code: -
 Category: smarthead angle
 Capacity MIN N·m: -
 Capacity MAX N·m: -

Calibration Certificates

Equipment	Calibration Procedure	Certificate Number	Certificate expiry date
-----------	-----------------------	--------------------	-------------------------

Torque Statistics:

Number of samples: 4
 NOK samples: 0
 Mean Torque: 34.90 N·m
 Min Torque: 33.45 N·m
 Max Torque: 37.38 N·m
 σ : 1.76 N·m
 Mean Torque - 3 σ : 29.62 N·m
 Mean Torque + 3 σ : 40.19 N·m
 Cp: 12.68
 Cpk: 3.58

Measurements

Nr.	Torque [N·m]	Deviation [%]	Angle [°]	Torque peak [N·m]	Angle at torque peak [°]	Δ [°]
1	34.90	-57.95	3.8	36.65	12.9	9.1
2	33.45	-59.70	1.7	37.68	8.4	6.7
3	33.88	-59.18	2.3	36.30	7.6	5.3
4	37.38	-54.96	4.3	38.24	7.0	2.7

